

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

PROVOZ A ŘÍZENÍ SPRCHOVÝCH REKUPERAČNÍCH VÝMĚNÍKŮ

OPERATION AND MANAGEMENT OF SHOWER HEAT RECOVERY EXCHANGER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MONIKA VESELSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARIAN FORMÁNEK, Ph.D.

BRNO 2015

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá provozem a řízením rekuperačních sprchových výměníků, získáváním energie z nich a dalším využitím této energie. Tato práce je rozdělena do čtyř částí. V první jsou představeny možnosti využití energie z odpadních vod. Druhá část se zabývá možnostmi návrhu systému využití energie z odpadních vod v dané budově, návrhu vodovodu a kanalizace. Třetí část je věnována specifikaci sprchového rekuperačního výměníku, jeho provozu, regulaci a řízení, zakončeno ekonomickým zhodnocením navrženého výměníku. V poslední části se nachází technická zpráva a přílohy výkresové dokumentace projektu.

Klíčová slova

Využití energie z odpadních vod, výměníky na kanalizační potrubí, sprchový rekuperační výměník, provoz a regulace výměníku, vnitřní vodovod, kanalizace, příprava teplé vody.

Abstract

This thesis deals with the operation and management of shower recuperative heat exchangers, energy recovery from them and further use of this energy. This work is divided into four parts. The first presents the possibilities of using energy from wastewater. The second part deals with the design possibilities of energy recovery from wastewater in the building, design water and sewer. The third part is devoted to the specification of the shower regenerative heat exchanger, its operation, regulation and control, culminating in economic evaluation of the proposed exchanger. The last part is a technical report and annexes drawings of the project.

Keywords

Energy recovery from waste water, heat to sewer pipes, shower recuperative heat exchanger, heat exchanger and control, internal water supply, sewerage, water heating.

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Monika Veselská *Provoz a řízení sprchových rekuperačních výměníků*. Brno, 2015, 125s., 140s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marian Formánek, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 10.1.2015.

.....

Podpis autora

Bc. Monika Veselská

Poděkování:

Především bych ráda poděkovala Ing. Marianu Formánkovi Ph.D. za vedení u diplomové práce, za jeho cenné rady a připomínky. Dále bych chtěla poděkovat rodině za psychickou podporu při vypracování diplomové práce i během celého studia.

Bc. Monika Veselská

OBSAH

ÚVOD.....	- 3 -
A. ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ	- 4 -
A.1. ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU, NORMOVÉ A LEGISLATIVNÍ PODKLADY	- 5 -
A.2. CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ	- 6 -
A.3. TEORETICKÉ ŘEŠENÍ.....	- 7 -
A.3.1. ODPADNÍ VODY V BUDOVÁCH.....	- 7 -
A.3.2. ŠEDÉ VODY A MOŽNOST JEJICH VYUŽITÍ.....	- 8 -
A.3.3. TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI POTRUBNÍ SÍTĚ	- 9 -
A.3.3.1. Prostup tepla stěnou potrubí.....	- 9 -
A.3.3.2. Výpočet ochlazování vody při průtoku potrubím	- 12 -
A.3.3.3. Průběh ochlazování vody v potrubí a stanovení tepelné ztráty v rozvodech.....	- 13 -
A.3.4. ZPĚTNÉ ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA VE VZDUCHOTECHNICE	- 14 -
A.3.4.1. Zařízení pro zpětné získávání tepla.....	- 14 -
A.3.4.2. Návrh systému ZZT	- 17 -
A.3.4.3. Ekonomické hodnocení zařízení ZZT	- 17 -
A.3.5. VYUŽITÍ TEPELNÉ ENERGIE Z ODPADNÍ VODY	- 18 -
A.3.5.1. Místa odběru tepelné energie z odpadních vod.....	- 19 -
A.3.5.2. Systémy pro získávání tepla z odpadních vod	- 21 -
A.3.5.3. Oděr tepla v kanalizační stoce.....	- 22 -
A.3.5.4. Změna teploty odpadní vody v kanalizačním potrubí.....	- 30 -
A.3.5.5. Způsoby výroby tepla s využitím energie z odpadních vod	- 30 -
A.3.5.6. Odběr tepla z vnitřní kanalizace	- 32 -
A.3.5.7. Výměníky na rekuperaci tepla z odpadní vody v budově	- 34 -
A.3.5.8. Návrh tepelného výměníku.....	- 41 -
A.3.5.9. Tepelný výpočet výměníku.....	- 41 -
A.3.5.10. Provoz a řízení výměníků.....	- 47 -
B. APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ	- 49 -
B.1. POPIS OBJEKTU.....	- 50 -
B.2. MOŽNOSTI ODBĚRU TEPLA V DANÉM OBJEKTU	- 50 -
B.2.1. Instalace výměníku tepla na odpadní potrubí ze všech zařizovacích předmětů.....	- 50 -
B.2.2. Instalace rekuperačního výměníku pod sprchovou	- 52 -
B.3. NÁVRH VNITŘNÍ KANALIZACE A KANALIZAČNÍ PŘÍPOJKY	- 53 -
B.3.1. Dimenzování vnitřní kanalizace a kanalizační přípojky	- 53 -
B.3.2. Dimenzování retenční nádrže	- 62 -
B.4. NÁVRH VNITŘNÍHO VODOVODU A VODOVODNÍ PŘÍPOJKY	- 65 -
B.4.1. Potřeba vody v bytovém domě	- 65 -

B.4.2.	Návrh přípravy teplé vody	- 67 -
B.4.3.	Dimenzování vnitřního vodovodu a vodovodní přípojky.....	- 72 -
B.4.4.	Hydraulické posouzení.....	- 77 -
B.4.5.	Dimenzování cirkulace teplé vody s nuceným oběhem	- 78 -
B.5.	IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ	- 82 -
B.7.1.	Vytápění	- 82 -
B.7.2.	Vzduchotechnika	- 83 -
B.7.3.	Plynové instalace	- 83 -
C.	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ NÁVRHU, PROVOZU A ŘÍZENÍ REKUPERAČNÍHO VÝMĚNÍKU -	84 -
C.1.	PROVOZ A ŘÍZENÍ VÝMĚNÍKŮ	- 85 -
C.1.1.	Návrh regulátoru a příslušenství	- 86 -
C.2.	TEPELNÝ VÝPOČET VÝMĚNÍKU	- 89 -
C.2.1.	Dimenzování armatur na potrubí výměníku.....	- 92 -
C.2.2.	Návrh oběhového čerpadla k výměníkům	- 99 -
C.2.3.	Návrh tepelné izolace na potrubí výměníků.....	- 104 -
C.3.	ZJEDNODUŠENÝ EKONOMICKÝ ROZBOR	- 104 -
D.	PROJEKT.....	- 108 -
D.1.	TECHNICKÁ ZPRÁVA	- 108 -
D.2.	LEGENDA ZAŘÍZOVACÍCH PŘEDMĚTŮ.....	- 114 -
D.3.	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 115 -
ZÁVĚR	- 117 -
ZDROJE	- 118 -
SEZNAM ZKRATEK.....	- 120 -
SEZNAM OBRÁZKŮ	- 121 -

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá využitím tepelné energie z odpadních vod, návrhem výměníku tepla na odpadní potrubí, jeho provozem a řízením. V první části práce jsou shrnuty veškeré možnosti využití tepelné energie z odpadních vod, popsány druhy výměníku tepla na odpadní potrubí a návrh výměníku tepla. Sepsané teoretické poznatky jsou použity v následujících částech této práce. V druhé části jsou popsány možnosti využití energie z odpadních vod na zadaném objektu, zde je navržena kanalizace, rozvody vody. Třetí část je věnována výpočtu tepelného výměníku a je navržen systém využití tepelné energie z odpadních vod. Je zde popsán provoz a řízení tepelných výměníků, ke kterému je přiřazeno ekonomické zhodnocení celého systému.

A.ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ

A.1. Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

V současné době se při stavbě nových budov i při rekonstrukcích stále více prosazují ekonomická a ekologická hlediska. K tomuto bezesporu patří úspory na pitné vodě a energie na výroby vody teplé. Snížení spotřeby pitné vody lze dosáhnout např. využitím šedé vody. Voda odtékající ze sprch, umyvadel a praček v sobě nese velký tepelný potenciál, který lze využít. Z energie, kterou vkládáme do ohřátí TV, dnes využijeme pouze 10%. Proto zde předkládám teoretický návrh jak z šedé vody získat zpět energii již vloženou a použít ji dále na ohřev TV. Pro zajištění funkčnosti a co nejvyšších energetických zisků z odpadní vody, je důležitý správný provoz a řízení výměníku tepla a celého systému.

Legislativní podklady:

- Zákon o ochraně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb.
- Vyhláška č. 252/2004 Sb. Ve znění vyhlášky č. 293/2006 Sb., která stanovuje hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
- Zákon o vodách 254/2001 Sb. ve znění zákona 181/2008 Sb. a novela vodního zákona 150/2010 Sb.
- Stavební zákon č.183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu. Pro vypouštění odpadních vod do stokové sítě je nutné brát ohled na nařízení vlády č.61/2003 Sb. (doplňující vyhláška zákona o vodách č.254/2001Sb.) o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod.
- Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu č. 274/2001 Sb. ve znění zákona č.76/2006 Sb. (u řešeného objektu je objem denní produkce odpadních vod vyšší než-li 10m³).
- Vyhláška 428/2001 Sb., provedení zákona o vodovodech a kanalizacích.
- Vyhláška 120/2011 Sb., provedení zákona o vodovodech a kanalizacích.

Normové podklady:

- ČSN 75 5409 – Vnitřní vodovody
- ČSN 75 5455 – Výpočet vnitřních vodovodů

- ČSN 75 6770 - Vnitřní kanalizace
- ČSN 756261- Dimenzování retenčních nádrží na stokových sítích
- ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody – Navrhování a projektování
- ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – zabezpečovací zařízení.
- ČSN 01 34 50 – Výkresy zdravotně technické a plynové instalace 2006
- ČSN EN 752 (75 6110) Odvodňovací systémy vně budov
- ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky
- ČSN EN 12056-2 (756760) Vnitřní kanalizace – gravitační systémy
- ČSN 75 6760 Vnitřní kanalizace

A.2. Cíl práce, zvolené metody řešení

Řešení diplomové práce spočívá v návrhu optimálního systému pro využití energie z odpadních vod v zadaném objektu. Dále volba, návrh a osazení tepelného výměníku. Pro funkčnost celého systému je důležitý správný návrh provozu a řízení výměníků tepla. Spolu s návrhem využívání tepelné energie z odpadních vod je v diplomové práci navrženo optimální řešení rozvodu vody a kanalizace. Vše se opírá o aplikaci legislativních požadavků, normových doporučení a o podstatu fyzikálních dějů.

Cílem diplomové práce je ekonomické zhodnocení, funkčnost a využitelnost systému pro využití energie z odpadních vod.

V diplomové práci jsou především uplatňovány metody numerické a grafické. Pro většinu výpočtů je využito výpočetní techniky s tabulkovým procesorem EXCEL. Byly využity odečty z grafů od výrobců.

A.3. Teoretické řešení

A.3.1. Odpadní vody v budovách

V Rámci řešení vnitřní kanalizace je stěžejní otázkou odvádění odpadních vod z budovy. Odpadní voda je zdrojem tepelné energie, jejíž potenciál je možné využít. Odpadní vody jsou vody znečištěné nebo jen změněné použitím a všechny bez užitku odvedeny do systému vnitřní kanalizace. [1]

Dělení odpadních vod

Dle původu je lze odpadní vody rozdělit na:

Splaškové odpadní vody	odpadní vody z kuchyní, prádelen, koupelen, záchodů a podobných prostor
Dešťové vody	přírozené srážkové vody ze střech, které nebyly znečištěny použitím
Průmyslové odpadní vody	odpadní vody změněné a znečištěné použitím v průmyslu nebo v drobných provozech, včetně vod chladících
Infekční odpadní vody	vody odváděné z infekčních oddělení nemocnic, laboratoří atd.

Podzemní vody [1]

Složení odpadních vod

Složení odpadních vod je dáno obsahem látek, které vody znečišťují. Jsou dány maximální závazné limity znečištění, které může vypouštěná voda do veřejné kanalizace obsahovat. V případě vod nesplňujících podmínky pro míru znečištění je nutné tyto vody odvádět vnitřní kanalizací odděleně a před vypuštěním do veřejné kanalizace předčistit. Vlastníci kanalizačních řádů mohou jednotlivé limity a seznamy znečišťujících látek upravovat dle svých specifických požadavků. [1]

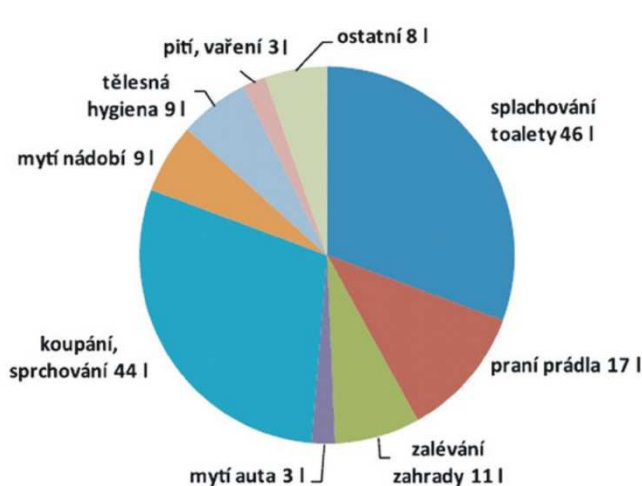
Limity znečištění se týkají především:

BSK ₅	Biologická spotřeba kyslíku po 5ti dnech (100-400mg/l)
CHSK _{cr}	Chemická spotřeba kyslíku (200-1000mg/l)
pH	reakce (7,2-7,8)
P	fosfor celkový
N	dušík celkový
N-NH ₄ ⁺	amoniakální dusík
NL	nerozpuštěné látky
RL	rozpuštěné látky [2]

A.3.2. Šedé vody a možnost jejich využití

Šedou vodou se rozumí splašková odpadní voda bez fekálií a moče. Jsou to vody ze sprch, van, umývadel, dřezů apod. Produkce šedé vody v domácnosti tvoří více jak 50% celkové produkce splaškových odpadních vod (*Obr. 1*). Šedé vody lze rozdělit do těchto kategorií:

1. Neseparované šedé vody
2. Šedé vody z kuchyní a myček
3. Šedé vody z umývadel, van a sprch
4. Ostatní šedé vody [16]



Obr. 1 Produkce šedé vody v domácnostech

Jedním, a prozatím častějším využitím těchto vod, je předčištění a následné použití jako vodu provozní pro splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad. Pro toto využití jsou

vhodné vody z umývadel, van a sprch. Hlavním důvodem proč recyklovat právě tyto vody je jejich malé znečištění, tudíž méně náročná úprava. Recyklace šedé odpadní vody je dobrý krok pro snížení spotřeby vody pitné a redukce vod vypouštěných. Dalším důvodem proč se otázkou znovuvyužití šedé vody zabývat je zavádění systému hodnocení budov z hlediska jejich vlivu na životní prostředí. [17]

Druhou možností jak využít šedé vody, je využití tepelné energie z nich. Velký tepelný potenciál, který tyto vody obsahují, nemůžeme pominout. Při návrhu využití tepelné energie ze šedých vod, je důležité individuální posouzení každého objektu. Teplota šedé vody závisí na mnoha faktorech, například používání daných zařízení, typ směnného provozu apod. Tuto zpětně získanou energii lze vložit do ohřátí TV nebo vytápění objektu. Spotřeba energie na ohřev TV tvoří zhruba 25% celkových nákladů na energie v objektech a 25-75% v domácnostech. [18]

Teploty na odtoku šedých vod (teploty přítoků teplé užitkové vody do výtoků):

Umyvadlo	40°C
Dřez	55°C (pro sterilizaci nádobí se používá voda o teplotě 70-80°C)
Sprcha	40°C
Vana	40°C [2]

A.3.3. Tepelně technické vlastnosti potrubní sítě

A.3.3.1. Prostup tepla stěnou potrubí

Ochlazování vody, která proudí potrubím, dochází na stěnách v závislosti na odporu stěny potrubí a izolace a na teplotě v okolí potrubí t_u . Prostup tepla stěnou potrubí se skládá z přestupů tepla, které jsou dány součiniteli přestupu tepla na vnitřní α_i a vnější straně α_u . Hodnota přestupu tepla je závislá na rychlosti proudící vody potrubím a vzduchu dle povrchů stěny potrubí, dále na drsnosti a turbulenci. [4]

Množství tepla Q (W), které prochází stěnou potrubí a izolační vrstvou lze stanovit ze vztahu:

$$Q = \frac{\Delta t}{\frac{1}{A_i \alpha_i} + \frac{1}{A_u \alpha_u} + \frac{d_{st}}{A_{st} \lambda_{st}}}$$

Kde Δt je rozdíl mezi teplotou vody a teplotou vzduchu v okolí potrubí ($t_i - t_u$) v °C

A_i vnitřní plocha potrubí v m²

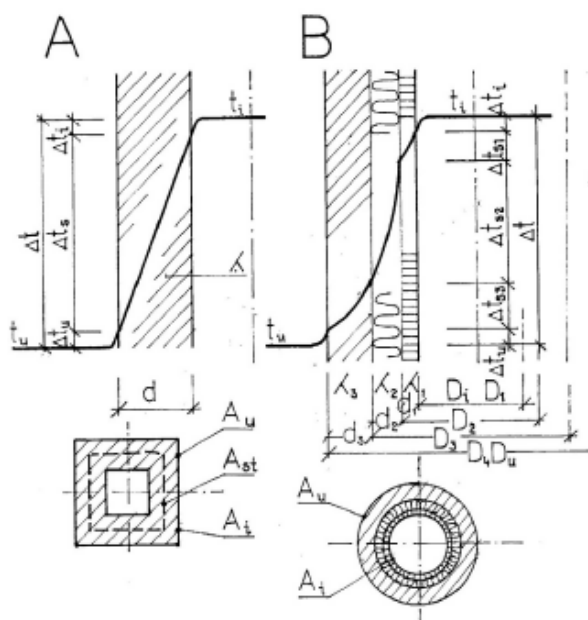
A_u vnější plocha povrchu stěny potrubí (izolace) v m²

A_{st} plocha v ose stěny potrubí, v níž probíhá vedení tepla v m²

λ_{st} součinitel vodivosti materiálu stěny v W/m . K

d_{st} tloušťka stěny potrubí v m [4]

Úpravou toho vztahu lze získat prostup tepla rovinnou stěnou (A) a prostup tepla válcovou stěnou (B). (Obr. 2)



Obr. 2 Prostup tepla rovinnou stěnou

Zde je přírůstek vnější plochy potrubí oproti vnitřní ploše potrubí zanedbatelný a proto se volí $A = A_i = A_u = A_{st}$ a vztah je pak zjednodušen:

$$Q = \frac{A \cdot \Delta t}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{d_{st}}{\lambda_{st}}}$$

Součinitel prostupu tepla rovinnou jednovrstvou stěnou k (W) stanovíme tedy:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_u} + \frac{d_{st}}{\lambda_{st}}}$$

Prostup tepla válcovou stěnou Q (W)

U kruhového potrubí je stěna vícevrstvá z důvodů zaizolování potrubí. Prostup tepla může být vztažen k vnější nebo vnitřní válcové ploše (A_i) nebo k vnější ploše izolační vrstvy (A_u). [4]

$$Q = A_u \cdot k_u \cdot \Delta t = A_i \cdot k_i \cdot \Delta t$$

Pro výpočet prostupu tepla válcovou stěnou je nutné stanovit buď součinitel prostupu tepla vztažený na vnitřní plochu potrubí k_i nebo součinitel prostupu tepla vztažený na vnější válcovou plochu k_u . [4]

Výpočet součinitele prostupu tepla vícevrstvé stěny potrubí k_i ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$), vztažený na vnitřní plochu potrubí.

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{D_i}{D_u} \cdot \frac{1}{\alpha_u} + \sum_{x=1}^n \frac{D_x}{2\lambda_x} \ln \frac{D_{x+1}}{D_x}}$$

Kde D_i, D_x, D_u je vnitřní průměr potrubí, resp. Průměr x -té vrstvy stěny (D_1, D_2, D_3, \dots), resp. průměr vnějšího povrchu izolace v m
 λ_x součinitel vodivosti materiálu x -té vrstvy potrubí a izolace v $\text{W/m} \cdot \text{K}$ [4]

A.3.3.2. Výpočet ochlazování vody při průtoku potrubím

Ke snižování teploty vody dochází prostupem tepla stěnou potrubí ve směru jejího průtoku.

Množství tepla, které projde plochou A_k (W), se stanoví ze vztahu:

$$Q_k = \dot{m} \cdot c_v (t_e - t_i) \quad (W)$$

Kde \dot{m} je hmotnostní průtok v kg/s

c_v konstantní měrná tepelná kapacita

t_e vstupní teplota vody

t_i teplota vody po ochlazení na délce H_k [4]

Exponent chladnutí K (-)

$$K = \frac{k \cdot A}{\dot{m} \cdot c_v} = \frac{k \cdot U \cdot H}{\dot{m} \cdot c_v}$$

Kde U je vnitřní obvod potrubí v m

H délka potrubního úseku

k součinitel prostupu tepla [4]

Výstupní teplota vody z potrubí:

$$t_o = t_e - \frac{Q}{\dot{m} \cdot c_v} = t_e - \frac{e^K - 1}{e^K} \cdot (t_e - t_u) = t_u + (t_e - t_u) \cdot e^K$$

Kde t_u je teplota v okolí potrubí [4]

Tepelná ztráta při průtoku:

$$Q = \dot{m} \cdot c_v (t_e - t_o) \quad (W)$$

Střední teplota vody t_m :

$$t_m = t_u + \frac{t_e - t_u}{K} (1 - e^K)$$

A.3.3.3. Průběh ochlazování vody v potrubí a stanovení tepelné ztráty v rozvodech

Ochlazování vody při průtoku potrubím a tepelná ztráta v rozvodech má exponenciální průběh. Průběh změny tepelné ztráty je posuzován na exponentu chladnutí K , ve kterém jsou proměnné hodnoty:

- Součinitel prostupu tepla k
- Vnitřní plocha potrubí $U \cdot H$
- Průtok vody \dot{m} [4]

Změna součinitele prostupu tepla změnou rychlostí proudění vody

Součinitel prostupu tepla závisí na součiniteli přestupu tepla na straně vody α_i , součiniteli přestupu tepla na straně vzduchu α_e a na tepelné vodivosti. Změnu součinitele přestupu tepla na vnitřní straně můžeme zanedbat, pokud je změna průtoku v mezích od 0,2 do 2 m/s. Součinitel přestupu tepla na straně vzduchu závisí na proudění vzduchu v okolí potrubí, uvažujeme konstantní hodnotu. Konstantní hodnotu také uvažujeme u součinitele prostupu k při posuzování proměnnosti teploty v závislosti na jejím průtoku. Prostup tepla zahrnuje jak prostup tepla, tak i předání tepla sáláním. [4]

Tepelný odpor stěny potrubí

Tepelný odpor stěny je vyjádřen v exponentu chladnutí K pomocí součinitele prostupu tepla k . Změna součinitel prostupu tepla k vzhledem k proměnnému průtoku je zanedbatelná. Součinitel prostupu tepla má velký význam na ochlazování vody, tím, že je v čitateli ve výpočtu součinitele chladnutí a je v poměru k vysoké hodnotě konstantní měrné tepelné kapacity vody. [4]

Optimální tloušťka izolace se stanovuje dle průběhu exponenciálního součinitele e^K . Zvýšená tloušťka tepelné izolace potrubí je podstatnou složkou úspor tepla – nízké tepelné ztráty. [4]

A.3.4. Zpětné získávání tepla ve vzduchotechnice

Zpětné získávání tepla (dále ZZT) sleduje především úspory energií, ekonomické i ekologické faktory, které vyžadují racionální přístupy s hospodaření s teplem. Toto využití tepla se dá popsat jako recyklace tepla technických zařízení, jehož účelem je využití energie odváděného znehodnoceného vzduchu. Zařízení pro získávání tepla lze dle přenosu rozdělit na regenerační a rekuperační. Tato zařízení jsou dnes již obvykle součástí sestavných vzduchotechnických jednotek. [5] [19]

Druh použití zařízení ZZT se vždy volí podle toho, odkud se energie potřebuje odebírat a kam se energie bude dodávat. Výběr zařízení se řídí tím, jaký teplotní a vlhkostní potenciál má odváděný vzduch. Dále také, zda odsávaný vzduch, ze kterého chceme získat teplo je, či není znečištěn prachem, toxickými látkami, zda není nadměrně vlhký a podobně. [5]

Rekuperace tepla – zpětné získávání tepla, kdy dochází k předávání tepla z jednoho média (obvykle odsávaného znečištěného vzduchu) do druhého média (obvykle přiváděného čerstvého vzduchu) pomocí nějakého zařízení [5]

Regenerace tepla - zpětné získávání tepla, kde dochází k předávání tepla z jednoho média do druhého prostřednictvím akumulární hmoty [5]

A.3.4.1. Zařízení pro zpětné získávání tepla

Rekuperační výměníky

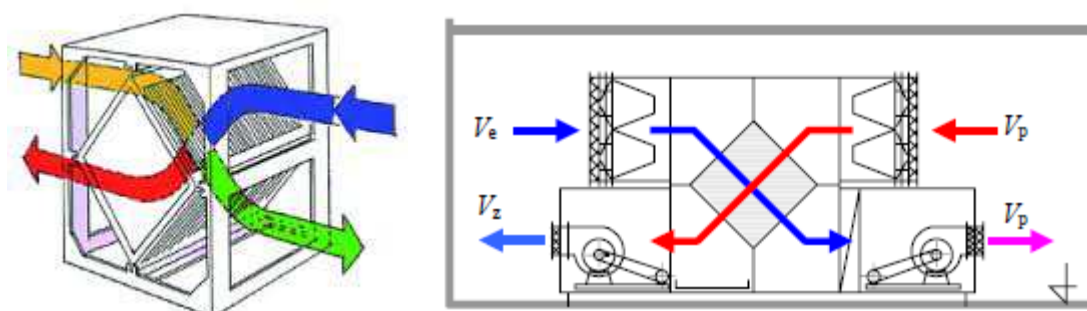
- Zařízení ZZT pomocí výměníků s pohonem teplotnosného média (nejčastěji nemrznoucí směs) – kapalinové okruhy
- Zařízení ZZT pomocí výměníků bez pohonu teplotnosného média – tepelné trubice
- Zařízení ZZT pomocí nuceného pohonu chladiva – tepelná čerpadla
- Zařízení ZZT s přímou výměnou tepla – deskové rekuperátory [5]

Regenerační výměníky

- Zařízení ZZT, kde akumulární hmota mění polohu a směr vzduchu je stálý – rotační výměníky
- Zařízení ZZT, kde akumulární hmota je stálá a směr vzduchu se mění - přepínací výměníky [5]

Zařízení s deskovým rekuperátorem

Zařízení s rekuperačním výměníkem ve skladbě „vzduch-vzduch“ (Obr. 3). Základním prvkem jsou deskové výměníky, které se skládají z teplosměnných desek, kde střídavě proudí teplý a chladný vzduch. Oba proudy, jak přívodní tak odváděný, jsou ve výměníku odděleny, a proto lze uvedené zařízení využívat i ve znečištěném prostředí. Výhodou deskových rekuperátorů je, že v nich může docházet ke kondenzaci, která je vítaná, neboť zvyšuje účinnost rekuperace. [5] [19]



Obr. 3 Zařízení s deskovým rekuperátorem

Zařízení s kapalinovým okruhem a lamelovými výměníky

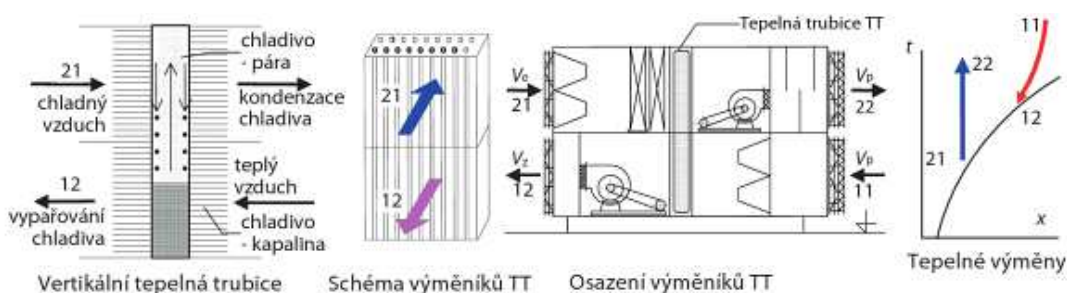
Zařízení tvoří dva lamelové výměníky v sestavě „vzduch – kapalina - vzduch“ (Obr. 4), které jsou propojené kapalinovým okruhem k přenosu tepla. Jeden výměník tepla je osazen v potrubí vnějšího vzduchu a druhý výměník v potrubí znehodnoceného vzduchu. Část kapalinového okruhu tvoří potrubí, teplotonosná látka, oběhové čerpadlo, uzavřená expanzní nádoba a regulace. Teplotonosná látka v podobě nemrznoucí směsi nuceně cirkuluje mezi dvěma výměníky. Největší výhodou tohoto systému je, že přívodní a odvodní potrubí vzduchotechniky mohou být libovolně vzdálené a také, že se jedná o bezpečné oddělení přívodního a odvodního vzduchu. Nevýhoda zařízení tkví ve větší potřebě energie a práci čerpadla k pohybu teplotonosné látky. Účinnost těchto systémů dosahuje do 60-70%. Tyto systémy se používají tehdy, když není možnost dovést odsávaný vzduch ke vzduchotechnické jednotce, v níž by byl jiný typ výměníku. [5] [19]



Obr. 4 Lamelový výměník

Zařízení s tepelnými trubicemi

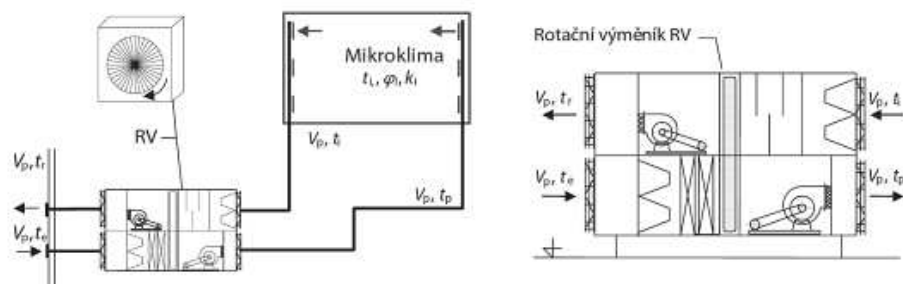
Zařízení tvoří tepelné trubice naplněné chladivem a vložené do rámu, které umožňují přenos tepla pomocí skupenských změn – vypařování a kondenzace (Obr. 5). V závislosti na poloze trubky chladivo proudí vlivem gravitačních nebo kapilárních sil. Trubice se navrhují dle teoretického tepelného toku pomocí rozdílů teplot a dílčích tepelných odporů, souvisejících s mechanismem přenosu tepla při proudění parní a kapalně fáze chladiva trubicí. [5]



Obr. 5 Zařízení s tepelnými trubicemi

Zařízení s rotačním výměníkem

Výměna tepla se uskutečňuje za přítomnosti akumulční hmoty, která mění polohu, ale směr vzduchu je stálý. Akumulační hmota, většinou hliníkový plech jako rotor v kovovém rámu, se otáčí v periodách, zde proudí teplý a studený vzduch a hmota předává teplo. Účinnost těchto zařízení dosahuje 70-80% a je závislá na rychlostech protékajícího proudu vzduchu a na otáčkách rotoru. Toto zařízení není vhodné použít u vzduchu, který má na odtahu vysokou relativní vlhkost z důvodu případné nežádoucí kondenzace a následném poškození ložisek rotoru. Další nevýhodou je, že k pohybu rotoru je zapotřebí další energetický pohon. (Obr. 6) [5]



Obr. 6 Zařízení s rotačním výměníkem

Zařízení s přepínacím výměníkem

Rozdíl mezi rotačním a přepínacím výměníkem je, že akumulční hmota u přepínacího výměníku nemění polohu, ale mění se protékající vzduch přes tuto hmotu. Toto zařízení se realizuje pomocí dvou akumulčních výměníků, přes které střídavě proudí čerstvý, v zimě studený a odpadní, v létě teplý vzduch. Nevýhodou tohoto zařízení je, že část vzduchu (zhruba 5-10%) se dostává při přepínání z akumulční hmoty a klapkové sekce zpět. Tudíž čerstvý venkovní vzduch se dostává zpět do venkovního vzduchu a vnitřní odsávaný vzduch se dostává zpět do vnitřního odsávaného prostoru. [5]

A.3.4.2. Návrh systému ZZT

Tento systém je nutno řešit komplexně s ohledem na fyzikální, provozní a ekonomickou problematiku. Fyzikální problematika tkví v nestacionární výměnu tepla a látky při proměnných teplotách a časových režimech provozu vzduchotechniky, členitou geometrií teplosměnných ploch a čistotou jejich povrchů. Provozní problematika řeší provozní režimy vzduchotechniky a předpokládané využívání ZZT. Ekonomika představuje investiční a provozní náklady, z nichž jsou důležité ceny energií. Cílem návrhu systému ZZT je velikost komponentů, teplosměnná plocha výměníku, teplota vzduchu na výstupu ze zařízení ZZT, tepelný výkon a návratnost investice. [5]

A.3.4.3. Ekonomické hodnocení zařízení ZZT

Ekonomické hodnocení sleduje finanční náročnost ZZT, která je dána náklady na realizaci a provozní náklady jeho zařízení. Podmínkou výnosnosti navrženého zařízení ZZT je reálná návratnost investic s kladnými finančními efekty při jeho provozu. [5]

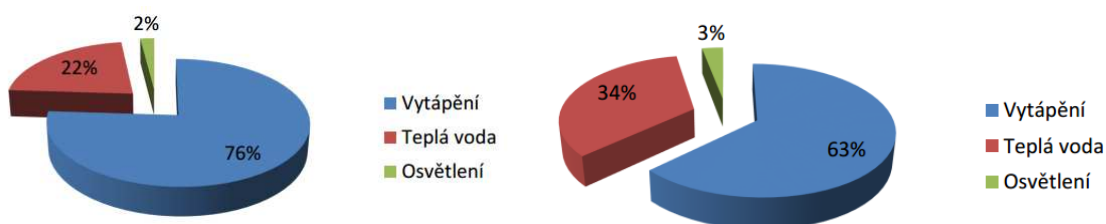
Finanční náročnost určuje:

- ceny energií (teplo, elektrická energie)
- doba provozu vzduchotechnického systému a ZZT
- pořizovací náklady ZZT
- průtok vzduchu [5]

A.3.5. Využití tepelné energie z odpadní vody

Stejně tak efektivně jak se využívá tepelná energie odpadního vzduchu lze také využít tepelný energetický potenciál odpadních vod.

Ve většině objektů se nejvíce energie spotřebovává na vytápění objektu, ale také velká část energie je potřebná na ohřev teplé vody. Spotřebu energie lze výrazně snížit dostatečným zaizolováním objektu a dobrým provedením rozvodů TV. (Obr. 7) [6]



Obr. 7 Spotřeba objektu před zateplením a po zateplení

Nicméně i přes velké snahy úspor energií v podobě zateplení stále uniká značné množství energie v podobě odpadních vod do kanalizace. Například, budeme-li se sprchovat vodou o teplotě 35°C, pak tato voda při své cestě objektem předá část tepla kanalizaci v objektu, ale stále velká část této energie jednoduše oteče do kanalizace. [6]

Rozsah možností jak využít teplo z odpadních vod je veliký. Pro optimální návrh využití tepla z odpadních vod, je nutné dbát na dostatečný průtok v kanalizačním systému a dostatečnou teplotu odpadní vody. U rodinných domů, bytových domů, sportovišť a hotelů jsou vhodným řešením rekuperační systémy využívající teplo z kanalizace uvnitř budov k předehřevu teplé vody. Výhodou rekuperačních systémů uvnitř budovy je absence potřeby elektrické energie a tepelného čerpadla, tudíž jednodušší návrh a menší investice. [20]

Nejčastěji se jako zdroje tepla využívají velké nerezové výměníky, kde je příznivá finanční návratnost. Princip tohoto získávání tepla je nejefektivnější ve velkých průmyslových provozech jako jsou například mlékárny, lihovary, papírny, vývařovny, hotely, ale má také své opodstatnění i ve větších domácnostech. V některých provozech je někdy nutné odpadní vodu dokonce dochlazovat v jímkách, aby byly splněny předepsané parametry vody odtékající do kanalizace. Odtékající odpadní voda má vysoký energetický potenciál tepla, který lze využít jako druhotnou surovinu. [21]

Zpětné využívání energie je principiálně velmi jednoduché, teplá odpadní voda protéká jednou stranou výměníku a čistá studená voda stranou druhou. Protékající studená voda odpadní vodu zchlazuje a jejím teplem se zahřívá. Tento princip je v praxi komplikován nečistotami z odpadních vod. Výměníky tepla se nečistotami, které odpadní voda obsahuje, ucpávají a zařízení pro rekuperaci tepla se stává po čase nefunkční. Problém lze řešit čištěním odpadní vody před vstupem do výměníku, což je investičně a provozně náročné a proto se od realizace zařízení pro zpětné využití primárně vloženého tepla upouští. Tento problém lze řešit speciálními výměníky, které využívají beztlakový průtok prvou stranou výměníku. [21]

K získávání tepla z kanalizačních systémů se doporučuje minimální průměrná hodnota průtoku odpadní vody 15/s. Průtok odpadní vody v l/s by se měl rovnat 1/32 potřebě tepla v kW na vytápění, ohřev teplé vody apod. Maximální odebraný výkon v kW by se měl rovnat osminásobné průměrné hodnotě průtoku odpadní vody v l/s. [21]

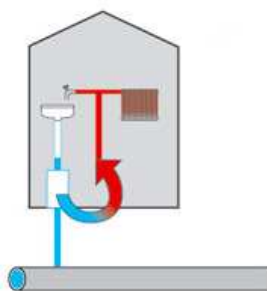
A.3.5.1. Místa odběru tepelné energie z odpadních vod

Tepelnou energii je možné odebírat přímo v budově, na odtoku z budovy, v kanalizační síti nebo za čističkou odpadních vod. Každé odběrné místo má své specifické podmínky a omezení.

Odběr tepla v budově

Odběr tepla v budově nebo na odtoku z budovy (*Obr. 8*) je u většiny staveb limitován nerovnoměrným a přerušovaným průtokem odpadních vod. Proto je vhodné recyklaci tepla provádět v objektech s vyšším množstvím odpadních vod, jejíž odtok je v době provozu méně přerušovaný, jako je například potravinářský provoz, průmyslový provoz, aquaparky, léčebná zařízení apod. Při správném technickém návrhu se mohou odpadní vody stát zdrojem energie pro systémy vytápění, ale i systémy chlazení. V zimě může být

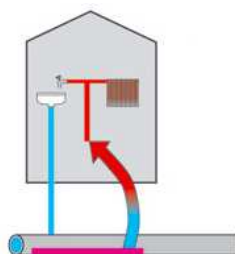
energie využita na vytápění, v létě na chlazení. Splašková odpadní voda odváděná z budov je ideálním zdrojem tepla na efektivní provoz tepelných čerpadel. [24]



Obr. 8 Odběr tepla v budově

Odběr tepla v kanalizační stoce

Odběr tepla v kanalizační stoce (Obr. 9) může být přímo v trase hlavního průtoku odpadní vody nebo na vedlejším proudu. Je důležité dbát na tvar výměníku, nesmí zbytečně zmenšovat průřez cesty a způsobovat ukládání nerozpuštěných látek. Výhodou pro umístění odběru tepla na kanalizační síti je možnost umístit odběr tepla do blízké vzdálenosti. Vliv na čističku odpadní vody minimalizují odběratelé dalším napojením na stokovou síť, čímž dochází k teplotní úpravě odpadní vody. [24] [22]

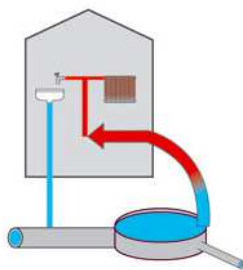


Obr. 9 Odběr tepla v kanalizační stoce

Odběr tepla z čistírny odpadních vod

Odběr tepla na nebo za čistírny odpadních vod (dále ČOV) (Obr. 10) může být u velikostně v hodných čistíren vzhledem k průtoku relativně bezproblémový. Při odběru na vysokém průtoku odpadní vody na přítoku se ochlazování vody pohybuje v řádu 1K a není tak velký vliv na technologii čištění. Ochlazení vody za ČOV má výhody vzhledem k tokům, do kterých je voda po procesu čištění odváděna. Místo odběru tepla je možné umístit i přímo na ČOV do hlavní trasy nebo na vedlejší proud. Nevýhodou je velká

vzdálenost mezi ČOV a odběrateli tepla. Možností jak ekonomicky využít odebranou tepelnou energii je přímo pro zimní vytápění ČOV. [22]



Obr. 10 Odběr tepla z ČOV

A.3.5.2. Systémy pro získávání tepla z odpadních vod

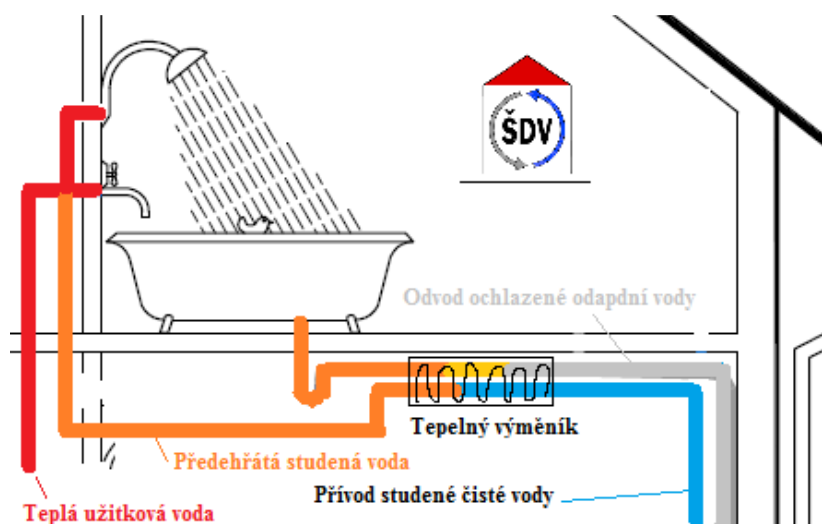
Odebírání tepla z odpadních vod lze provádět buď lokálně neb centrálně. Volba systému závisí na průtoku odpadní vody. U větších objektů je možno odpadní vodu akumulovat, odebrat získané teplo a poté ji vypustit kanalizační sítě. Pro menší objekty, jako jsou například rodinné domy, je investičně výhodnější lokální rekuperace tepla. [22]

Lokální systémy

Princip lokálních systémů zpětného získávání tepla je v odebrání tepla z odtékající vody ze sprch, umyvadel, dřezů nebo jiných aplikací. Existují dvě možnosti jak využít tepelnou energii. Pro předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu a do zásobníku TV. Lokální systémy jsou investičně výhodnější pro menší objekty, jako jsou například rodinné domy. [23]

Předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu

Předehřátou studenou vodu z tepelného výměníku lze zapojit přímo do okruhu sprch nebo umyvadel. Ve směšovací baterii pak smícháváme menší poměr studené ku teplé vodě a snižují se spotřeby teplé užitkové vody (*Obr. 11*). Výhodou tohoto systému je, že předehříváme vodu vždy, když je potřeba. Tepelný výměník je uložen blízko směšovací baterie, tudíž dochází k menším tepelným ztrátám než při systému předehřátí vody do zásobníku TV. [23]



Obr. 11 Přehřev studené vody pro okamžitou spotřebu

Přehřev studené vody do zásobníku TV

Přehřátá voda je vedena do zásobníku TV, kde je pak dohřívána na příslušnou požadovanou teplotu. Zde je výhodné použít stratifikační zásobník TV, tudíž teplotu odvádět do místa ve výměníku, které má příslušnou teplotu. Tento systém je investičně náročnější než systém s využitím přehřáté vody pro okamžitou spotřebu. [23]

Centrální systémy

Centrální systémy jsou vhodné pro větší objekty s větší produkcí šedých vod. Odběr vody v objektech je kolísavý, voda se shromažďuje v akumulaci jímce pro zdroj tepla primárního okruhu tepelného čerpadla. Výhodou tohoto systému jsou nízké investiční náklady tepelného výměníku, konstrukce je jednoduchá a je možno ji řešit za pomoci plastových trubek nebo hadic. Tento systém je vhodný pro provozní aplikace jako jsou prádelny, bazény apod., lze dosáhnout daleko vyšších teplot. Z důvodů minimalizaci investičních nákladů a maximalizaci účinnosti systému je pro návrh výměníků prováděno počítačové modelování. [23]

A.3.5.3. Oděr tepla v kanalizační stoce

Kanalizací odtéká odpadní voda s průměrnou roční teplotou od 10-25°C. Odebrané teplo z odpadní vody lze optimálně využít v nízkoenergetických budovách na nízkoteplotní vytápění nebo vysokoteplotní chlazení a dále k přehřevu teplé vody. Odpadní vodu lze tedy zařadit mezi obnovitelné zdroje energie jako nízkopotenciální zdroj tepla. Hlavní část rekuperačního systému tvoří výměník tepla a tepelné čerpadlo. Rozhodujícími faktory pro

návrh systému pro přenos tepla jsou dispozice a tvar výměníku, jež závisí na požadavcích a vhodnosti samotného kanalizačního systému. [20]

Výměníky do kanalizační stoky

Podmínky návrhu výměníku

Pro správný návrh rekuperačního systému využívání tepla z kanalizačního potrubí mají rozhodující vliv tyto faktory:

- krátká vzdálenost mezi spotřebitelem a umístěním systému zpětného získávání tepla
- teplota odpadní vody od 10 do 15°C, nebo vyšší
- minimální průtok odpadní vody 10l/s
- minimální průměr kanalizačního potrubí DN 1000 pro dodatečnou instalaci výměníků (u prefabrikovaných kanalizačních prvků s integrovanými výměníky je minimální průměr DN 400)
- nízká teplota vytápěcí vody (otopný systém v objektu) a rekuperační systém navržen jako bivalentní
- dostatečné tlakové poměry v potrubním rozvodu
- veličiny jako průtok odpadní vody, jeho změny, nečistoty v různých úsecích, teplota odpadní vody musejí být stanoveny předem
- co nejvyšší průtoková rychlost odpadní vody v potrubí (minimálně 1m/s), cílem je aby se nečistoty neusazovaly na dně potrubí
- znečištění výměníku tepla – určí se průběžnou kontrolou výstupních údajů (objemový průtok okruhu, teplota přívodní vratné vody v okruhu výměníku, teplota odpadní vody v kanalizaci) [20]

Požadavky, které nutno zohlednit při návrhu výměníku:

- je nutné vyloučit potřebu čištění výměníku tepla (výjimka čištění kanalizačního potrubí)
- žádná nebo jen malá údržba výměníku během celé životnosti systému
- ekonomicky rentabilní předimenzování tepelného výměníku (plochy), aby byla zabezpečená výkonnostní rezerva
- dosažení optimálních hodnot výkonu výměníku [20]

Druhy výměníků tepla

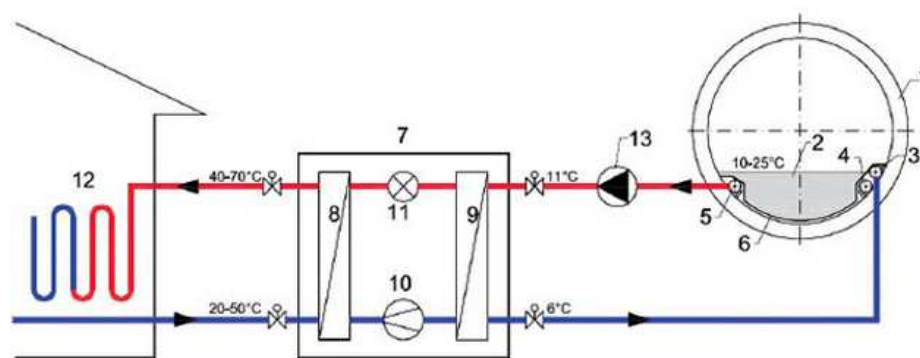
Výběr druhu a způsobu osazení výměníku v kanalizačním potrubí závisí na kanalizačním systému. Výměníky tepla lze osadit do všech druhů odpadních vod jak do stávajících nebo nových potrubí. Z důvodů lepší dostupnosti k výměníku je vhodné je osazovat k horní hraně kanalizačního potrubí, poloha výměníku je dána parametry kanalizačního systému. Výměníky se dělí dle konstrukce a způsobů osazení na:

- ocelové výměníky tepla vložené do kanalizačního potrubí
- výměníky tepla integrované do betonové stěny kanalizačního potrubí
- předizolované kanalizační potrubí s integrovaným ocelovým výměníkem tepla
- externí ocelové dvoutrubkové výměníky tepla [24]

Ocelové výměníky tepla vložené do kanalizačního potrubí

Teplosměnná plocha výměníku si odebírá teplo z odpadní vody. Pod výměníkem je přívodní, vratné a rozdělovací potrubí, která zajišťují přenos tepla do tepelného čerpadla a do otopného systému, systému přípravy teplé vody nebo chladicího systému. [24]

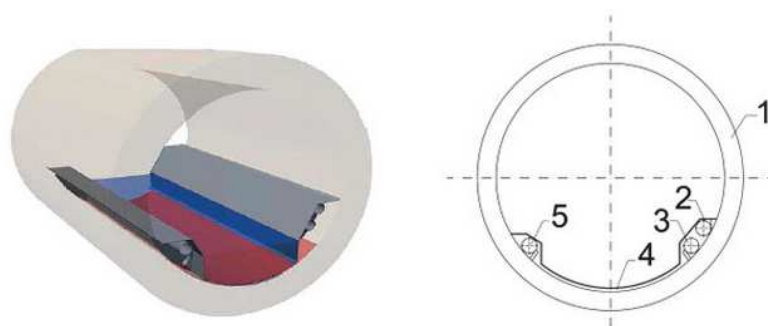
Schéma zapojení ocelového výměníku tepla vloženého do kanalizačního potrubí s optimálními hodnotami (Obr. 12)



Obr. 12 Schéma zapojení s ocelovým výměníkem

1-kanalizační potrubí, 2 - odpadní voda, 3 - přívod studené vody do výměníku, 4 - rozdělovací potrubí, 5 - výstup ohřáté vody z výměníku, 6 - výměník tepla, 7 - tepelné čerpadlo, 8 - kondenzátor, 9 - výparník, 10 - kompresor, 11 - expanzní ventil, 12 - systém vytápění v budově, 13 - oběhové čerpadlo [24]

Ocelový výměník tepla vložený do kanalizačního potrubí (Obr. 13)



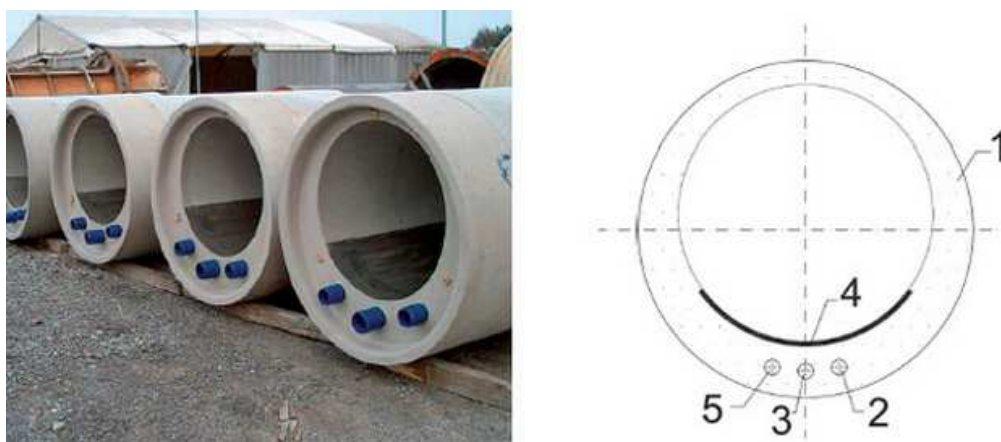
Obr. 13 Ocelový výměník

1 - kanalizační potrubí, 2 - přívod studené vody do výměníku, 3 - rozdělovací potrubí, 4 - výměník tepla, 5 - výstup ohřáté vody z výměníku [24]

Výměníky tepla integrované do stěny kanalizačního potrubí

Tyto vestavěné výměníky lze navrhovat pouze při návrhu nových kanalizačních potrubí. Velkou výhodou je rychlá výstavba a neměnný průměr kanalizačního potrubí. Nevýhoda je špatný přístup k výměníku pro revizi a čištění. [24]

Integrovaný výměník tepla (Obr. 14)



Obr. 14 Integrovaný výměník tepla

1- betonová trubka, 2 - přívod studené vody do výměníku, 3 - rozdělovací potrubí, 4 - výměník tepla, 5 - výstup teplé vody z výměníku [24]

Předizolované kanalizační potrubí s integrovaným ocelovým výměníkem (Obr. 15)

U těchto výměníků tvoří teplosměnnou plochu samotné kanalizační potrubí, které je dvouplošňové. Potrubí odevzdává teplo potrubí distribučnímu, jež je instalované v tepelné izolaci. [24]

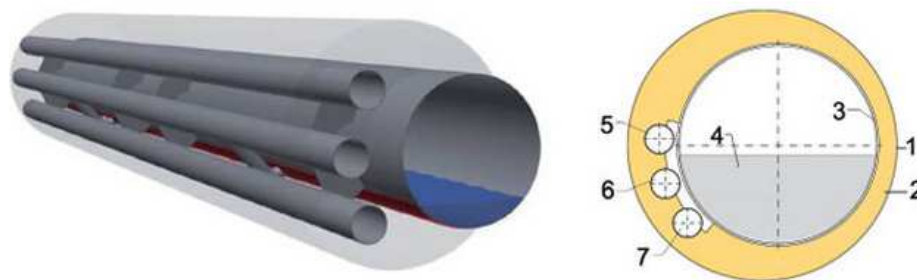


Obr. 15 Předizolované kanalizační potrubí s integrovaným výměníkem před montáží a uložené ve výkopu

Tyto výměníky lze využít jen při výstavbě nových potrubních systémů nebo při rekonstrukci stávající kanalizační sítě. Je možná i instalace jak u gravitačních, tak tlakových systémů. [24]

Předizolované kanalizační potrubí s integrovaným ocelovým výměníkem u gravitačních systémů (Obr. 16)

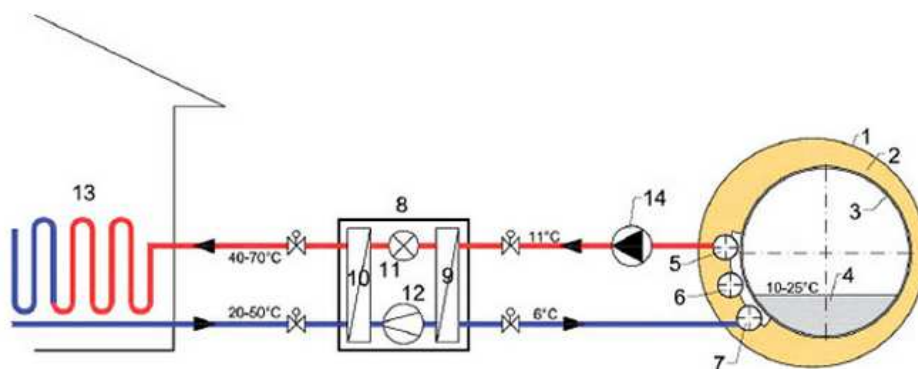
U gravitačních systémů se distribuční potrubí umísťuje na bok ocelového kanalizačního potrubí.



Obr. 16 Předizolované kanalizační potrubí do gravitačního systému

1 - vnější plášť z polyetylenu, 2 - tepelná izolace, 3 - kanalizační potrubí (výměník tepla), 4 - odpadní voda, 5 - výstup ohřáté vody z výměníku, 6 - rozdělovací potrubí, 7 - přívod studené vody do výměníku [24]

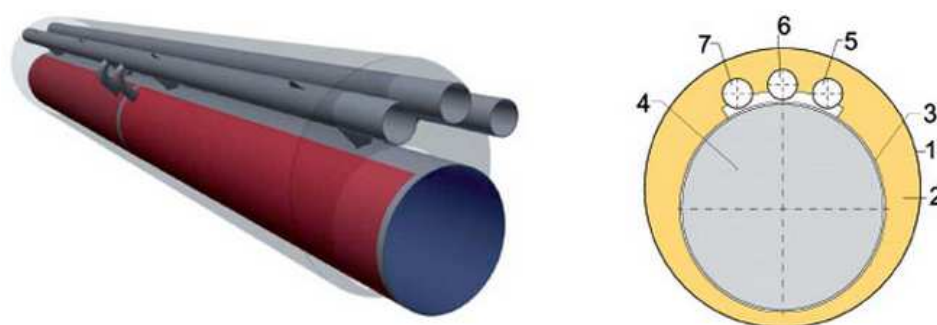
Schéma zapojení předizolovaného kanalizačního potrubí s integrovaným výměníkem tepla – gravitační systém. (Obr. 17)



Obr. 17 Schéma zapojení předizolovaného kanalizačního potrubí do gravitačního systému
 1 - vnější plášť z polyetylenu, 2 - tepelná izolace, 3 - kanalizační potrubí (výměník), 4 - odpadní voda, 5 - výstup ohřáté vody z výměníku, 6 - rozdělovací potrubí, 7 - přívod studené vody do výměníku, 8 - tepelné čerpadlo, 9 - výparník, 10 - kondenzátor, 11 - expanzní ventil, 12 - kompresor, 13 - systém vytápění v budově, 14 - oběhové čerpadlo [24]

Předizolované kanalizační potrubí s integrovaným ocelovým výměníkem u tlakových systémů

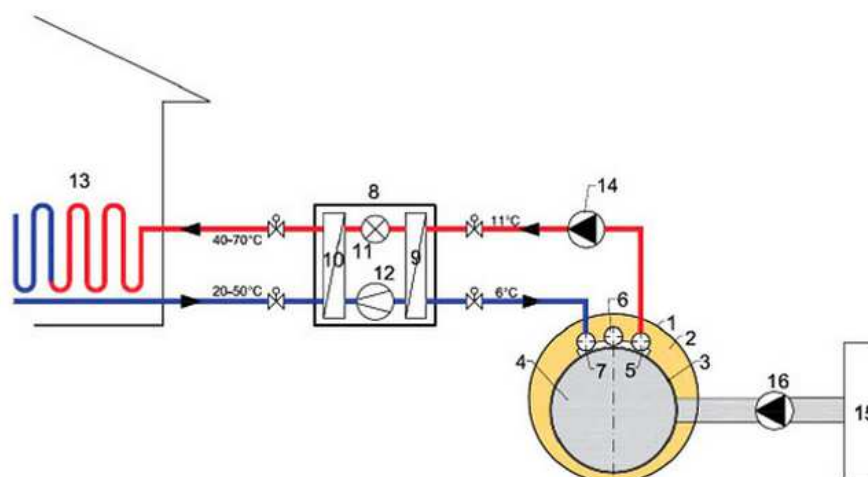
U tlakových systémů jsou distribuční potrubí umístěna u horní hrany kanalizačního potrubí. (Obr. 18)



Obr. 18 Přeizolované kanalizační potrubí s integrovaným výměníkem do tlakových systémů

1 - vnější plášť z polyetylenu, 2 - tepelná izolace, 3 - kanalizační potrubí (výměník), 4 - odpadní voda, 5 - přívod studené vody do výměníku, 6 - rozdělovací potrubí, 7 - výstup ohřáté vody z výměníku [24]

Schéma zapojení předizolovaného kanalizačního potrubí s integrovaným výměníkem tepla – tlakový systém (Obr. 19)

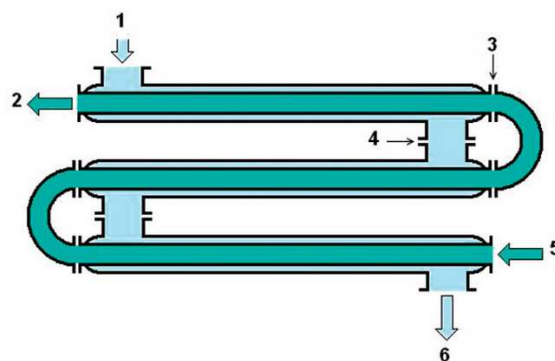


Obr. 19 Schéma zapojení předizolovaného kanalizačního potrubí s integrovaným výměníkem tepla do tlakových systémů

1-vnější plášť z polyethylenu, 2 - tepelná izolace, 3 - kanalizační potrubí (výměník), 4 - odpadní voda, 5 - výstup ohřáté vody z výměníku, 6 - rozdělovací potrubí, 7 - přívod studené vody do výměníku, 8 - tepelné čerpadlo, 9 - výparník, 10 - kondenzátor, 11 - expanzní ventil, 12 - kompresor, 13 - systém vytápění v budově, 14 - čerpadlo, 15 - zdroj odpadní vody [24]

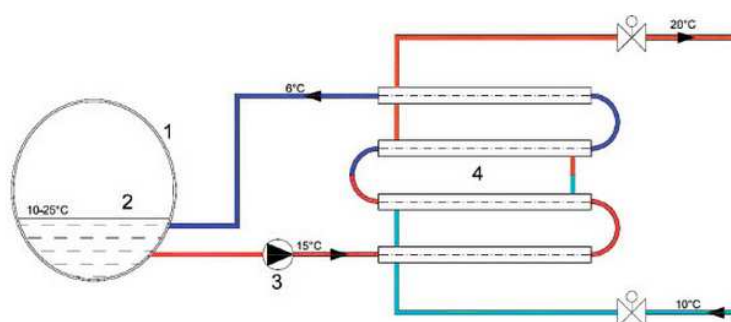
Externí dvoutrubkové ocelové výměníky tepla

Ocelový výměník tepla se skládá ze dvou potrubí vložených do sebe. Vnitřní potrubí se využívá jako zdroj tepla a proudí v něm odpadní voda. Stěna vnitřního potrubí přenáší teplo získané z odpadní vody do studené vody, která proudí v meziprostoru mezi vnějším a vnitřním prostorem (Obr. 20). Tento systém nabízí velké výhody související s obsahem pevných částic v odpadní vodě, tudíž je vhodný i pro šedé a černé vody. Výměník tepla není přímo vložen do kanalizačního potrubí. Odpadní voda se do výměníku vhání čerpadlem (Obr. 21) nebo se přečerpává přes akumulční nádrž (Obr. 22). [24]



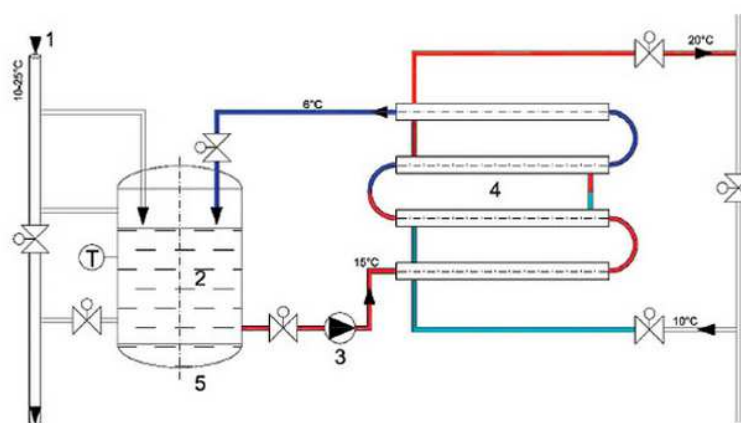
Obr. 20 Externí dvoutrubkový ocelový výměník

1 -přívod studené vody do výměníku tepla, 2 - výstup odpadní vody, 3 – příruby, 4 - přívod odpadní vody, 5 - výstup ohřáté vody z výměníku [24]



Obr. 21 Přečerpávání odpadní vody do výměníku čerpadlem

1-kanalizační potrubí, 2 - odpadní voda, 3 - oběhové čerpadlo, 4 - externí výměník tepla [24]



Obr. 22 Přečerpávání odpadní vody do výměníku přes akumulaci nádrž

1 -kanalizační potrubí, 2 - odpadní voda, 3 - oběhové čerpadlo, 4 - externí výměník tepla, 5 - akumulaci nádrž [24]

A.3.5.4. Změna teploty odpadní vody v kanalizačním potrubí

Při průtoku odpadní vody v kanalizačním potrubí dochází ke změně teploty vody z důvodu přenosu tepla mezi odpadní vodou a okolím. [7]

Pokles teploty neboli teplotní rozdíl závisí na:

- odebraném množství tepla přes výměník tepla z odpadní vody W_{op} v kW
- objemovém průtoku odpadní vody Q v l/s
- hustotě odpadní vody (při teplotě odpadní vody 0 až 20°C se za konstantu považuje 1kg/l)
- specifické tepelné kapacity c odpadní vody (při teplotě odpadní vody 0 až 20°C se za konstantu považuje 4,19 kJ/kg . °C). [7]

Čím je objemový průtok odpadní vody větší, tím je pokles teploty odpadní vody menší

$$\Delta T = \frac{W_{op}}{c \cdot \rho \cdot Q} (^\circ C)$$

Veličiny, které ovlivňují odpadní vodu:

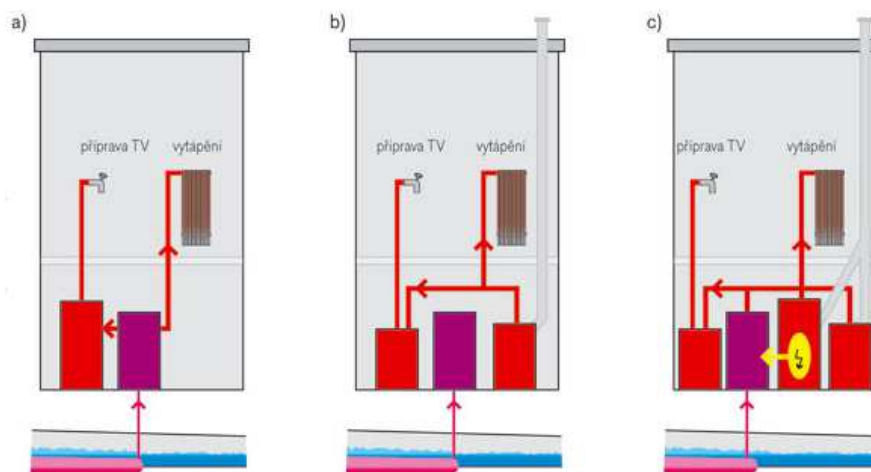
- teplota na výstupu z výměníku
- objemový průtok odpadní vody
- teplota a vlhkost vzduchu kanalizačního potrubí

A.3.5.5. Způsoby výroby tepla s využitím energie z odpadních vod

Nejdůležitějším v systému získávání tepla z odpadních vod je výměník tepla a pro zpracování tepla a dodávku do objektu je tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo může být jediným zdrojem tepla nebo se může kombinovat s jinými zdroji tepla. [7]

Na obrázku jsou znázorněny tři způsoby zásobování teplem tepelným čerpadlem se zpětným využitím tepla z odpadní vody (*Obr. 23*).

- a) Monovalentní výroba tepla
- b) Bivalentní výroba tepla
- c) Multivalentní výroba tepla
- d) Chlazení odpadní vody [7]



Obr. 23 Způsoby výroby tepla tepelným čerpadlem se zpětným využitím tepla z odpadní vody

a. Monovalentní výroba – výroba tepla tepelným čerpadlem

Pokud lze odebrat mnoho tepelné energie z odpadní vody a vyloučit fosilní paliva, je vhodné získávat teplo jedině za pomoci tepelného čerpadla. Pokud je v objektu zamýšleno využít kombinaci více druhů systémů vytápění lze použít agregáty se dvěma až čtyřmi kompresory nebo paralelně zapojit více tepelných čerpadel. Nevýhodou monovalentní výroby je, že je zapotřebí většího průtoku odpadních vod. [7]

b. Bivalentní výroba – výroba tepla tepelným čerpadlem v kombinaci s kotlem

Tento systém je v zahraničí nejčastější na pokrytí odběrových špiček. Tepelné čerpadlo jako základní tepelný zdroj a kotel jako zdroj doplňkový. Tato bivalentní výroba tepla zabezpečuje i případ, že z nějakých důvodů poklesne množství tepla odebraného z kanalizace. V běžném provozu se kotel využívá jen během odběrových špiček. Tento systém je investičně méně náročné než monovalentní výroba tepla. [7]

c. Multivalentní výroba

Tento systém představuje výrobu tepla pomocí tepelného čerpadla pro odpadní vodu a blokové tepelné elektrárny. Bloková tepelná elektrárna vyrábí teplo na vytápění a elektrickou energii pro pohon tepelného čerpadla. Tímto způsobem mohou být využity i další zdroje energie, například energie spodní vody, teplo z chladících zařízení, teplo z technologických výrobních procesů nebo tlakových větracích zařízení. Multivalentní teplárny jsou výhodné pro velké odběry tepla. [7]

d. Chlazení z odpadní vody

V letním období je možno zpětně získané teplo z odpadní vody využít i pro chlazení objektu. Teplota odpadní vody se v létě pohybuje do 20°C což je vhodná teplota pro funkci tepelného čerpadla. Není zapotřebí žádného dalšího přídavného zařízení než při odběru tepla z odpadní vody, nedochází tedy ke zvýšení investičních nákladů. [7]

A.3.5.6. Odběr tepla z vnitřní kanalizace

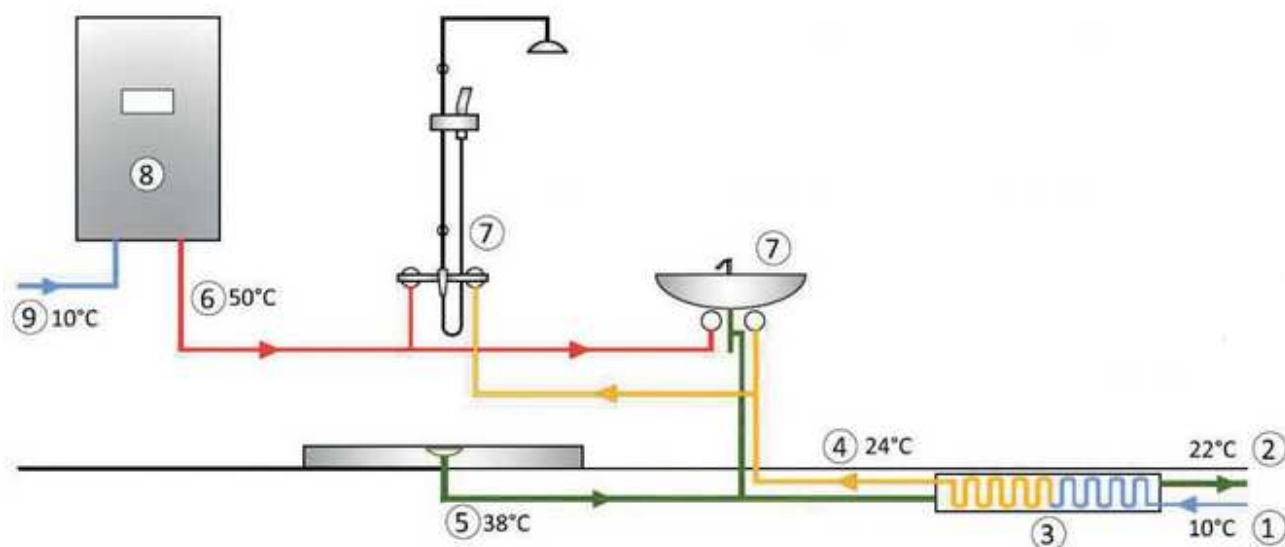
Nejvíce energie se v domácnostech spotřebovává na přípravu teplé vody, vytápění a chlazení. Řešení problému jak snížit spotřeby energie na přípravu teplé vody je zpětné získávání tepla z odpadní vody a jeho využití k předehřevu teplé vody. Využívání alternativních zdrojů energie šetří peníze i životní prostředí. [7]

Možnosti odběru tepla

Rekuperace tepla z kanalizace k přímému předehřevu teplé vody

Pro odběr tepla z odpadní vody k přímému předehřevu teplé vody se využívají malé rekuperační systémy, jejichž hlavní částí je výměník tepla. Tyto systémy nevyžadují tepelné čerpadlo, tudíž není třeba dodávat elektrickou energii. Využití malých rekuperačních systémů přispívá ke snížení energetické potřeby pro přípravu teplé vody. [7]

Rekuperace je založena na principu odevzdání tepla z odpadní vody přes teplosměnnou plochu výměníku tepla. Odebrané teplo se následně odevzdá protiproudu vstupující studené vody, který se výměníkem přivádí do směšovací baterie zařizovacího předmětu. Ve výměníku tepla se splašková voda ochlazuje a přívodní studená voda se ohřívá (*Obr. 24*). Tento systém je vhodné využít u sprch a umyvadel, kde potřeba vody pitné převyšuje potřebu studené, není však vhodný do kuchyňských zařízení, kde potřeba teplé i studené vody stejná. Dalším důvodem nevhodnosti použití odpadní vody od kuchyňských zařízení je to, že se společně s odpadní vodou odvádějí také tuky a oleje, které by se mohli usazovat na výměníku tepla a tím snížit účinnost systému. [7]

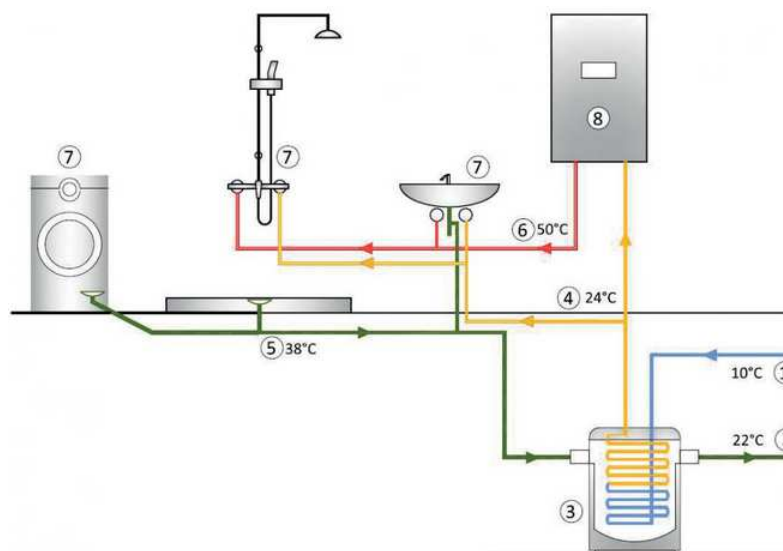


Obr. 24 Schéma rekuperačního systému k přímému předehřevu teplé vody

1 - přívod studné vody, 2 - ochlazená odpadní voda, 3 - výměník tepla, 4 - předehřátá teplá voda, 5 - splašková voda od zařizovacího předmětu, 6 - teplá voda ze zásobníkového ohřívače, 7 - zařizovací předmět, 8 - zásobníkový ohřívač, 9 - přívod studené vody do zásobníkového ohřívače [7]

Rekuperace tepla se zásobníkem s integrovaným výměníkem tepla

Předehřev studené vody lze navrhnout i ze zásobníku, kde se akumuluje splašková voda z několika zařizovacích předmětů. V zásobníku s integrovaným zásobníkem proudí studená voda, která vychází jako předehřátá teplá voda a proudí dále do zásobníkového ohřívače. Na vstupu do zásobníkového ohřívače nepřichází tedy voda s teplotou 10°C, ale předehřátá voda o teplotě 20-24°C. Zásobník je opatřen vypouštěcím otvorem, kdy odpadní voda dosáhne maximální hladiny. Splašková odpadní voda odchází z akumulací nádrže ochlazená (Obr. 25). Vzhledem k tepelným ztrátám se zásobník umísťuje co nejblíže k zařizovacím předmětům, které jsou na nádrž napojeny. Akumulační nádrž je tepelně izolovaná, aby se dosáhlo co nejmenších tepelných ztrát a zvýšila se účinnost rekuperace tepla. [7]



Obr. 25 Schéma rekuperačního systému na předehřev studené vody v kombinaci se zásobníkem

1 - přívod studené vody, 2 - ochlazená odpadní voda, 3 - zásobník splaškové odpadní vody s integrovaným výměníkem tepla, 4 - předehřátá teplá voda, 5 - splašková voda od zařizovacího předmětu, 6 - teplá voda, 7 - zařizovací předmět, 8 - zásobníkový ohřívač vody [7]

A.3.5.7. Výměníky na rekuperaci tepla z odpadní vody v budově

Měděný výměník do odpadního potrubí Power-pipe

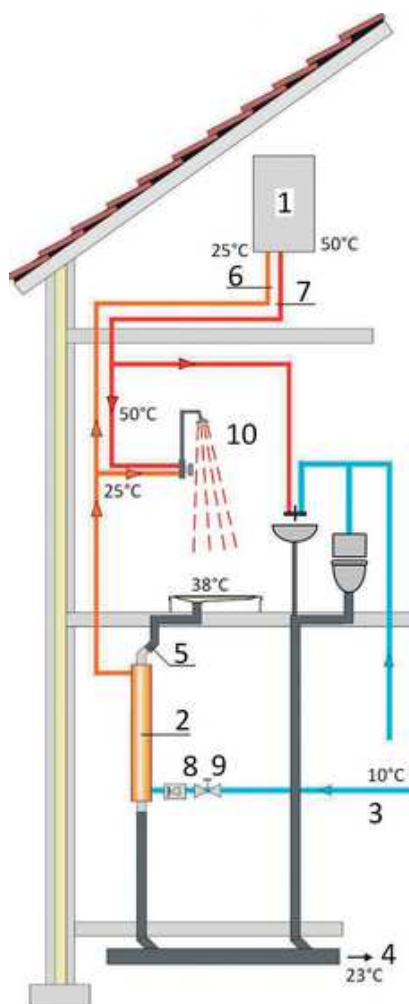
Jedna z množností jak využít tepla z odpadní vody je instalovat do odpadního potrubí protiproudový výměník z měděného dvouplášťového potrubí (Obr. 26). Vnitřní plášť je tvořen hladkým měděným potrubím, kterým odtéká odpadní voda. Vnější plášť výměníku tvoří spirála, která se skládá z měděného potrubí obtočeného kolem vnitřního potrubí nebo dalšího dvouplášťového hladkého měděného potrubí. [7]



Obr. 26 Měděný výměník Power - pipe

Ve vnějším plášti proudí studená, teplosměnnou plochou ohřívána voda do směšovací baterie. Teplosměnnou plochu výměníku tvoří stěna vnitřního potrubí, přes kterou odpadní odevzdává teplo. Odpadní voda se do výměníku přivádí přes rotátor odpadní vody, který způsobuje turbulentní proudění odpadní vody na stěně vnitřního prostředí z důvodů efektivnějšího výkonu výměníku tepla (Obr. 27). Nejvhodnější místo, kde instalovat výměník tepla je těsně pod zařizovací předmět, například pod sprchu, ve vytápěné místnosti. Ve větších objektech lze instalovat více takových výměníků tepla, které se zapojí paralelně vedle sebe. Odpadní voda se do jednotlivých výměníků tepla odvádí přes rozdělovač, který do nich rovnoměrně rozděluje vodu. Předehřátá teplá voda se sbírá z výměníků přes sběrné nádrže. [7]

Při navrhování a instalaci je nutné dbát na kombinaci materiálů celého systému. Měděné výměníky do odpadního potrubí nejsou vhodné do vodovodních systémů z pozinkované oceli. Je zde možná koroze kovových materiálů vlivem chemických reakcí mědi a zinku. [7]



Obr. 27 Schéma zapojení výměníku tepla do odpadního kanalizačního potrubí

1 - zásobníkový ohřívač, 2 - výměník tepla do odpadního potrubí, 3 - přívod studené vody, 4 - ochlazená odpadní voda, 5 - rotátor odpadní vody, 6 - předeřtáá teplá voda, 7 - přívod teplé vody, 8 - zpětný ventil, 9 - uzavírací ventil, 10 – sprcha [7]

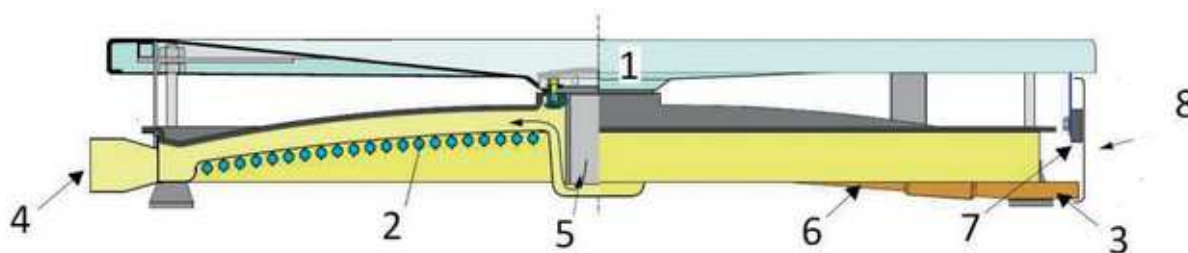
Sprchová vanička s integrovaným výměníkem tepla

Tento rekuperační systém je tvořen speciální sprchovou vaničkou, pod kterou se instaluje výměník tepla (Obr. 28). Systém je nutno navrhnout tak, aby výměník tepla při zachování běžné výšky vaničky dosahoval co největšího výkonu. Odpadní voda odtéká odpadním otvorem na vypouklou měděnou desku s připevněným měděným výměníkem ve tvaru spirály s délkou 20m. [7]



Obr. 28 Integrovaný výměník do sprchové vaničky uzavřený a teplosměnná spirála uvnitř výměníku

Odpadní voda ohřívá studenou vodu protékající výměníkem. Teplosměnnou plochu tvoří vypouklá měděná deska a spirála (Obr. 29). Ve výměníku je obsah vody menší než 1l, proto se teplá voda předežhřát ve velmi krátké době. Tyto výměníky tepla jsou vhodné do rodinných domů, plováren, tělocvičen, sociálních zařízení apod. Při návrhu a instalaci je také nutné dbát na správnou kombinaci materiálů. Do zásobníkové nádrže a rozvodů vody se přivádí předežhřátá teplá voda z měděného výměníku ve sprchové vaničce. Je vhodné navrhnout sprchovou vaničku v kombinaci s měděným nebo vícevrstevným plastovým potrubím. [7]



Obr. 29 Detail sprchové vaničky

1 - sprchová vanička, 2 - měděný výměník tepla, 3 - přívod studené vody, 4 - odvod ochlazené odpadní vody, 5 - odtok odpadní vody ze sprchové vaničky, 6 - předežhřátá teplá voda, 7 – magnet, 8 - čelní deska

Tepelný výměník pod sprchovou vaničku

O instalaci tohoto protiproudého výměníku se uvažuje při stavbě nové koupelny nebo při rekonstrukci. Výměník je umístěn naležato pod každou ze sprch, čímž se sprchový kout zvýší o 10cm. Plastová skříň výměníku je z ABS a pracovní část z profilovaných desek z leštěného nerezového plechu. Uvnitř desek proudí soustavou studená voda, která se ohřívá o odpadní vodu, která odtéká ze sprchy. Tuto předežhřátou vodu z výměníku

přivedeme do směšovací baterie u sprchy. Zde se míchá místo studené vody z řadu voda předeřhřátá z výměníku s teplou užitkovou vodou (*Obr. 30*). Potřeba teplé užitkové vody klesá o 40%. Komfortní sprchování je zajištěno termostatickou hlavicí, kde dochází k automatickému míchání vody. Výhodou tohoto systému je, že se stává aktivní 10s po užití samotné sprchy. Nejsou zde velké nároky na údržbu a čištění. Běžného biofirnu, který se tvoří v odpadovém potrubí a tedy i ve výměníku se lze zbavit při čištění sifonu sprchové vaničky. [26] [27]



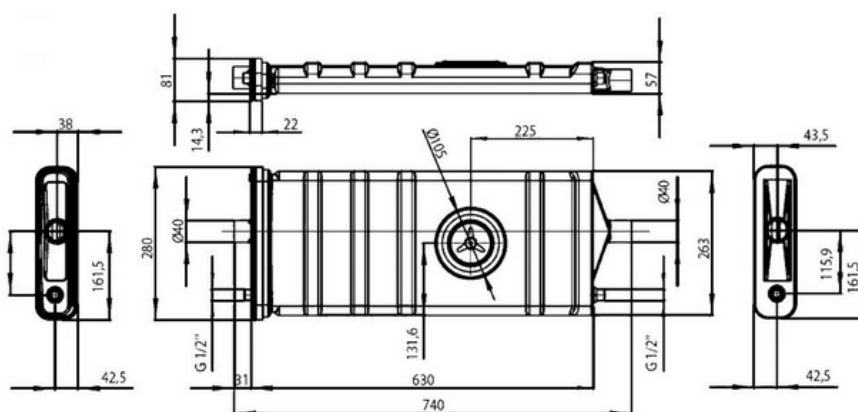
Obr. 30 Zapojení výměníku pod sprchovou vaničku

Rekuperační panely s výměníkem tepla z nerezové oceli

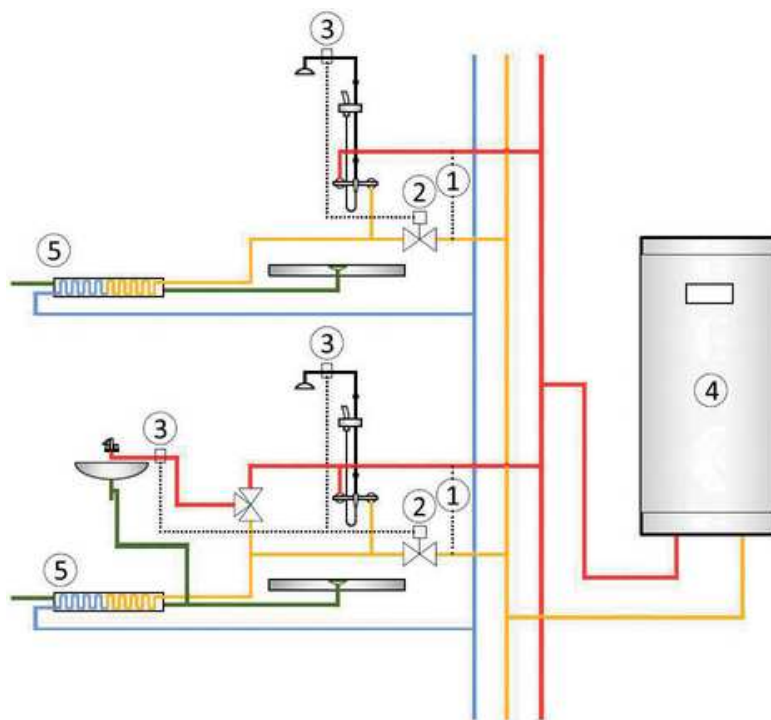
Tento systém tvoří rekuperační panel, který se skládá z plastového vodotěsného pouzdra a protiproudého výměníku tepla z nerezové oceli (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Panel se umísťuje na připojovací nebo odpadní potrubí co nejblíže k zařizovacím předmětům pro snížení tepelných ztrát. [7]

Rekuperační panel pracuje na principu protiproudu a odvádí odpadní vodu do kanalizační

Rekuperační panel pracuje na principu protiproudu a odvádí odpadní vodu do kanalizační soustavy. V rekuperačním panelu odpadní voda obtéká kolem výměníku tepla v plastovém pouzdře. Přes teplosměnnou plochu výměníku se teplo z odpadní vody předává vstupující studené vodě a přivádí se k zařizovacím předmětům. Teplotu studené vody je tak možné zvýšit z 10°C na 24°C. Předehřátá teplá voda vystupující z výměníku se přivádí do směšovací armatury nebo do zásobníkového ohřívače a snižuje se tak energetická náročnost přípravy teplé vody. Tento rekuperační panel je vhodný použít tam, kde odpadní vody neobsahují tuky a oleje. Čištění a údržba se provádí zvýšením průtoku odpadních vod. Proplachování totiž odstraňuje biofilm z plochy výměníku. Ve větších objektech, například sportovních halách, bazénech, koupalištích, je možno použít paralelní zapojení více rekuperačních panelů, které jsou schopné zpětně využít větší množství odpadního tepla. Teplota odpadní vody na výstupu závisí na teplotě předehřáté teplé vody, která se mění v závislosti na teplotě odpadní vody. Teplotu na výtoku lze automaticky regulovat regulačním ventilem a tím zabezpečit komfortní provoz sprch a umyvadel (Obr. 32). [7]



Obr. 31 Rekuperační panel s výměníkem tepla z nerezové oceli

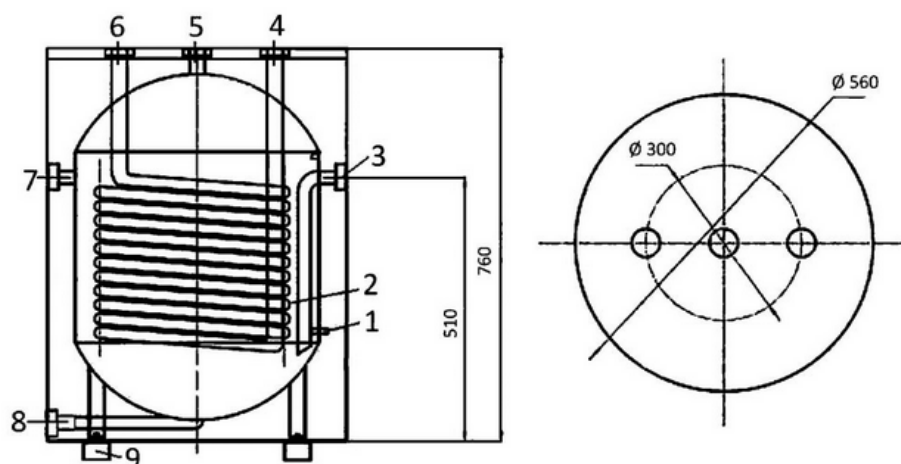


Obr. 32 Schéma automatické regulace rekuperačního systému

1 - měření teploty teplé a přehřáté teplé vody, 2 - regulační ventil, 3 - měření teploty na výstupu, 4 - zásobníkový ohříváč, 5 - rekuperační panel [7]

Akumulační nádrž splaškové vody s integrovaným výměníkem

Akumulační nádrž na využití odpadního tepla lze využít jak ve větších objektech, tak i v domácnostech. Odpadní voda se sbírá v akumulační nádrži, ve které je výměník tepla, který odebírá teplo odpadní vodě a odevzdává přívodní studené vodě (Obr. 33). Nádrž o objemu 120l je izolovaná polyuretanem a tloušťce 50mm. Vnitřní i vnější stěna nádrže jsou z nerezové oceli. Délka výměníku tepla uvnitř nádrže je 20m. Akumulační nádrž je náročnější na čištění než jiné výměníky. Odpadní voda se v nádrži akumuluje a nečistoty se usazují na dně nádrže. Z důvodů zachování účinnosti integrovaného zásobníku je nutná pravidelná údržba a proplachování nádrže. U spodní hrany nádrže se nachází vypouštěcí ventil, odkud lze odvést kal a nečistoty. [7]



Obr. 33 Akumulační nádrž s integrovaným výměníkem na odpadní vodu

1 - snímač teploty, 2 - výměník tepla, 3 - odvod ochlazené odpadní vody, 4 - předehřátá teplá voda, 5 - automaticky odvzdušňovací ventil, 6 - přívod studené vody, 7 - přívod splaškové vody, 8 - vypouštěcí potrubí, 9 - nastavitelný podstavec [7]

A.3.5.8. Návrh tepelného výměníku

Při návrhu nebo výběru výměníku tepla se řídíme těmito požadavky:

1. Co nejmenší rozměry, hmotnost a cena výměníku
2. Co neménší tlakové ztráty
3. Co nejvyšší spolehlivost v provozu

Výběr konečného řešení je vždy o kompromisu mezi body 1 a 2, protože jsou tyto požadavky protichůdné. Optimální návrhovou variantu představuje výběr z více řešení. Co nejvyšší spolehlivost v provozu je zajištěna v konstrukčním řešení a výrobě výměníku. Velký podíl na kvalitu má správnost a četnost prováděné údržby.

A.3.5.9. Tepelný výpočet výměníku

Tepelný výpočet výměníku vychází z I. Zákona termomechaniky pro otevřenou soustavu a stacionární děj. Pro tepelný výpočet platí dvě rovnice, které musíme při výpočtu porovnat a tím zjistit hledanou veličinu, velikost výhřevné plochy a při kontrolním výpočtu parametry pracovních látek. Těmi rovnice jsou rovnice tepelné bilance a rovnice prostupu tepla. [8]

Rovnice tepelné bilance

$$\dot{Q}_b = M_1 \cdot c_1 \cdot (t_{11} - t_{12}) \cdot \eta = M_2 \cdot c_2 \cdot (t_{22} - t_{21}) = k \cdot \Delta t \cdot S \quad (kW)$$

Rovnice pro výhřevnou plochu

$$S = \frac{\dot{Q}_b}{k \cdot \Delta t} \quad (m^2)$$

Kde	$t_{11}, t_{12} \text{ (}^\circ\text{C)}$	je	teplota ohřívací látky na vstupu a výstupu
	$t_{21}, t_{22} \text{ (}^\circ\text{C)}$		teplota ohřívané látky na vstupu a výstupu
	$M_1, M_2 \text{ (kg/s)}$		hmotový tok ohřívací a ohřívané látky
	$c_1, c_2 \text{ (kJ/kg} \cdot \text{K)}$		střední měrná tepelná kapacita při konstantním tlaku odpovídajících látek
	η		tepelná účinnost výměníku, přiřazuje se v bilanční rovnici na straně ohřívací látky, $\eta = 0,98 - 0,999$
	$k \text{ (kW/m}^2 \cdot \text{K)}$		součinitel prostupu tepla
	$\Delta t \text{ (}^\circ\text{C)}$		střední logaritmický teplotní spád
	$S \text{ (m}^2\text{)}$		velikost teplosměnné výhřevné plochy [8]

Matematické vyjádření rovnice tepelné bilance závisí na druhu použitých teplosměnných látek:

Pro vodní páru a tlakovou vodu	$\dot{Q}_b = M \cdot \Delta i$
Pro kondenzaci syté páry	$\dot{Q}_b = M \cdot (i'' - i_k)$
Pro výměníky s fázovou změnou u obou médií	$\dot{Q}_b = M_1 \cdot (i_{11} - i_k) \cdot \eta =$ $M_2 \cdot (i_{22} - i_{nv})$
Pro spaliny při použití Is-t diagramu spalin	$\dot{Q}_b = M_{pv} \cdot (I_1 - I_2) \cdot \varphi$
nebo	$\dot{Q}_b = V_{sp} \cdot c_{sp} \cdot (t_{sp1} - t_{sp2}) \cdot \varphi$
Pro vzduch jako ohřívanou látku	$\dot{Q}_b = V_{vz} \cdot c_{vz} \cdot (t_{22} - t_{21})$

Kde	Δi (kJ/kg)	je	rozdíl entalpie média ve výměníku
	i'', i_k (kJ/kg)		entalpie syté páry a kondenzátu
	i_{nv} (kJ/kg)		entalpie napájecí vody
	I_1, I_2 (kJ/kg paliva)		entalpie spalin
	M_{pv} (kg/s)		množství spáleného paliva
	φ		součinitel využití tepla (1 – tepelná ztráta výměníku)
	V_{sp}, V_{vz} (m ³ /s)		množství spalin a vzduchu při normálních podmínkách
	c_{sp}, c_{vz} (kJ/m ³ .K)		střední měrná tepelná kapacita spalin a vzduchu při konstantním tlaku při normálních podmínkách v rozsahu příslušných teplot
	t_{sp1}, t_{sp2}		teploty spalin před a za výměníkem [8]

Prostup tepla

Prostup tepla jednoduchou rovinnou stěnou je tvořen přestupem tepla na levé straně stěny, vedením tepla stěnou a přestupem tepla na pravé straně stěny.

Přestup tepla na jedné straně $\dot{Q} = \alpha_1 \cdot (t_1 - t_{s1}) \cdot S \quad (W)$

Vedení tepla stěnou - konvekce $\dot{Q} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_{s1} - t_{s2}) \cdot S \quad (W)$

Přestup tepla na druhé straně $\dot{Q} = \alpha_2 \cdot (t_1 - t_{s1}) \cdot S \quad (W)$

Prostup tepla je dán rovnicí prostupu tepla

$$Q = k \cdot \Delta t \cdot S \quad (W)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (W/m^2 \cdot K)$$

Kde k je součinitel prostupu tepla

$\frac{1}{\alpha_1}$ termický odpor při průchodu tepla ohřívací látkou

$\frac{\delta}{\lambda}$	termický odpor při průchodu tepla stěnou
$\frac{1}{\alpha_2}$	termický odpor při průchodu tepla ohřívané látky
α_1 (W/m ² .K)	součinitel přestupu tepla z ohřívací látky do stěny
α_2 (W/m ² .K)	součinitel přestupu tepla ze stěny do ohřívané látky
λ (W/m.K)	součinitel tepelné vodivosti materiálu stěny
δ (m)	tloušťka stěny [8]

Součinitel prostupu tepla pro rovinnou stěnu složenou z několika vrstev o různé tloušťce a různé tepelné vodivosti

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (W/m^2.K)$$

Součinitel prostupu tepla pro jednovrstvou válcovou stěnu, kde s ohledem na měnící se velikost výhřevné plochy ve směru tepelného toku je lépe součinitel prostupu tepla vztáhnout na 1m délky trubky. Vnitřní parametry jsou označeny indexem 1 a vnější indexem 2.

$$k_L = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}} \quad (W/m.K)$$

Součinitel prostupu tepla vícevrstvou válcovou stěnou

$$k_L = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_{n+1}}} \quad (W/m.K)$$

Prostup tepla stěnou je

$$Q = k_L \cdot L_c \cdot \Delta t \quad (W)$$

Kde L_c (m) je celková délka trubek [8]

Střední logaritmický teplotní spád - LMTD

Střední logaritmický teplotní spád je odvozen z rovnice tepelné bilance při použití vodních hodnot a rovnice prostupu tepla elementu výhřevné plochy dS . Teploty prostředí se označí t_1 a t_2 , kdy jejich rozdíl je Δt . Průtokem tepla elementární plochou dS se teplota ohřívací látky změní o Δt_1 a teplota ohřívané látky o Δt_2 . [8]

Střední logaritmický teplotní spád

$$\overline{\Delta t} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}}$$

Aby vyšla kladná hodnota čitatele, je střední logaritmický teplotní spád používán ve tvaru

$$\Delta t_L = \frac{\Delta t_v - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_v}{\Delta t_m}}$$

Kde Δt_v je větší teplotní spád

Δt_m menší teplotní spád [8]

Pokud je $\frac{\Delta t_v}{\Delta t_m} \leq 1,7$ lze místo středního logaritmického teplotního spádu použít střední aritmetický spád

$$\overline{\Delta t} = 0,5 \cdot (\Delta t_v + \Delta t_m)$$

Proudění tepla - konvekce

Pro zjištění sdíleného tepla i pro součinitel prostupu tepla je nutné určit součinitel přestupu tepla u obou pracovních látek α_1 a α_2 . K určení součinitele přestupu tepla je nutné použít výpočet na základě teorie podobnosti za použití kritérií podobnosti. [8]

Základní kritéria teorie sdílení tepla ve výměnících tepla:

Nusseltovo číslo $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$ Charakterizuje závislost mezi intenzitou přestupu tepla a teplotním polem v mezní vrstvě proudu.

Reynoldsovo číslo $Re = \frac{wl}{\nu}$ Definováno poměrem sil setrvačnosti a sil molekul v nitřního tření.

Prandtlovo číslo $Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{Pe}{Re}$ Podobnost teplotních a rychlostních polí proudící tekutiny.

Pécletovo číslo $Pe = \frac{wl}{a}$ Je měřítkem poměru sil molekulového tření a tíhových sil při proudění tekutin.

Grashofovo číslo $Gr = Ga\beta\Delta t$ Charakterizuje vztah sil molekulárního tření a vzlaku.

Archimedovo číslo $Ar = Ga \frac{\rho' - \rho''}{\rho'}$ Charakterizuje poměr sil molekul.ření a Archimedovy síly vznikající rozdílem měrných hmot.

Kondenzační kritérium $K = \frac{r}{c\Delta t}$ Je měřítkem poměru tepelného toku potřebného k fázové přeměně látky k teplotě přehřátí (podchlazení) jedné z fází.

Kde α (W/m².K) je součinitel přestupu tepla

l (m) charakteristický rozměr

λ (W/m.K) součinitel tepelné vodivosti

w (m/s) rychlost proudící tekutiny

ν (m²/s) kinematická viskozita

μ (kg/m.s) dynamická viskozita

ρ (kg/m³) měrná hmotnost

$a \text{ (m}^2/\text{s)}$	součinitel teplotní vodivosti $a = \frac{\lambda}{c\rho}$
$c \text{ (kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C)}$	měrná tepelná kapacita
$r \text{ (kJ/kg)}$	výparné teplo
$\beta \text{ (1/K)}$	součinitel objemové roztažnosti
$\rho' \text{ (kg/m}^3\text{)}$	měrná hmotnost syté kapaliny
$\rho'' \text{ (kg/m}^3\text{)}$	měrná hmotnost syté páry [8]

A.3.5.10. Provoz a řízení výměníků

Pro provoz a řízení topných systémů se používají regulátory. Zajišťují hospodárný, bezpečný, ale zároveň komfortní provoz systémů. Pod pojmem regulátor je v regulační technice většinou zahrnuta veškerá přístrojová technika připojená k zařízením za účelem jejich regulace. U jednotlivých obvodů jde o snímač, ústřední regulátor, koncový pohon a akční člen. [28]

Správná regulace dodávky tepla je jednou ze základních podmínek hospodárného provozu. U regulace výkonu zdroje tepla jde především o regulaci tepelného výkonu kotlů a výměníků tepla. Ve většině případů se jedná o regulaci teploty vody, vystupující ze zdroje tepla. [25]

V budovách lze obecně uplatnit různou regulaci podle:

- Výstupní teploty vody ze zdroje tepla
- Vnitřní teploty vzduchu
- Venkovní teploty vzduchu
- Zátěže, či zátěží [25]

Řídicí systém musí zabezpečit několik základních údajů:

- Odvedení tepelné energie získané z výměníku a zároveň zabránění odvodu tepla v době kdy energie není dostatečná
- Dodržení mezních hodnot teplot
- Zabezpečení co nejvyšší účinnosti systému [25]

Navržená regulace musí odpovídat jednotlivým zapojeným zdrojům. Současné moderní inteligentní regulátory dokážou řídit celý systém tak, aby bylo dosaženo požadovaných energetických, potažmo finančních úspor. Spínají a řídí tyto zdroje tak, aby byly dosaženy optimální podmínky pro jejich chod. Zajišťují bezpečnost a havarijní funkce celého systému. Tyto regulace slouží uživateli i jako monitoring soustavy, ukládají a vyhodnocují naměřená data. Mohou být vybaveny tabletem pro jednoduchou obsluhu a parametrizaci nastavených hodnot. K tomuto zásahu není potřeba přítomnost uživatele v objektu, správa systému je možná přes internet. [25]

B.APLIKACE TÉMATU NA ZADANÉ BUDOVĚ

B.1. Popis objektu

Objekt se nachází na okraji města Svitavy s okolní zástavbou bytových domů. Jedná se o městský azylový dům pro ženy a matky s dětmi. Objekt je řešen jako třípodlažní, kde v prvním podlaží jsou dva byty pro zaměstnance azylového domu, parkovací stání, sklepní kóje a kočárkárna. Druhé a třetí podlaží plní ubytovací funkci v bytech pro 2 až 4 osoby. Celková kapacita domu je 30 osob.

Konstrukční a architektonické stavebně technické řešení dané projektem nebude v bakalářské práci změněno.

V této diplomové práci se jedná o rekonstrukci azylového domu s instalací systému pro využití energie z odpadních vod.

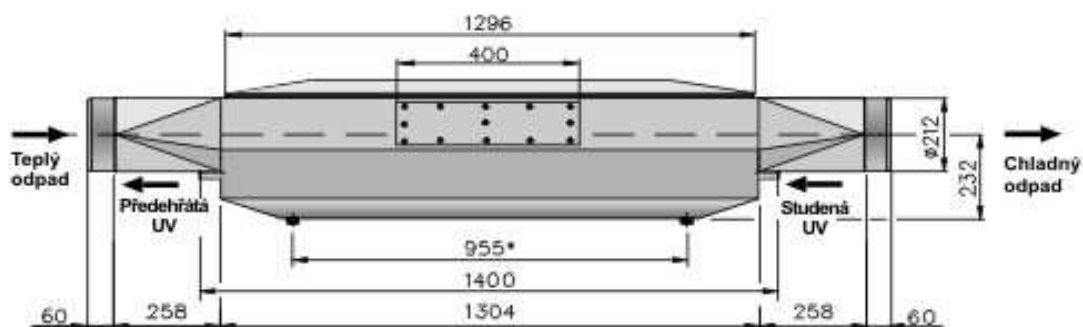
B.2. Možnosti odběru tepla v daném objektu

Odebrání tepelné energie v daném objektu prostřednictvím instalování tepelného výměníku na kanalizační potrubí je možné takto:

1. Instalace výměníku tepla na odpadní potrubí ze všech zařizovacích předmětů napojených na kanalizaci.
2. Instalace rekuperačního výměníku pod sprchovou vaničku a odebrání tepla z odpadní vody ze sprchy.

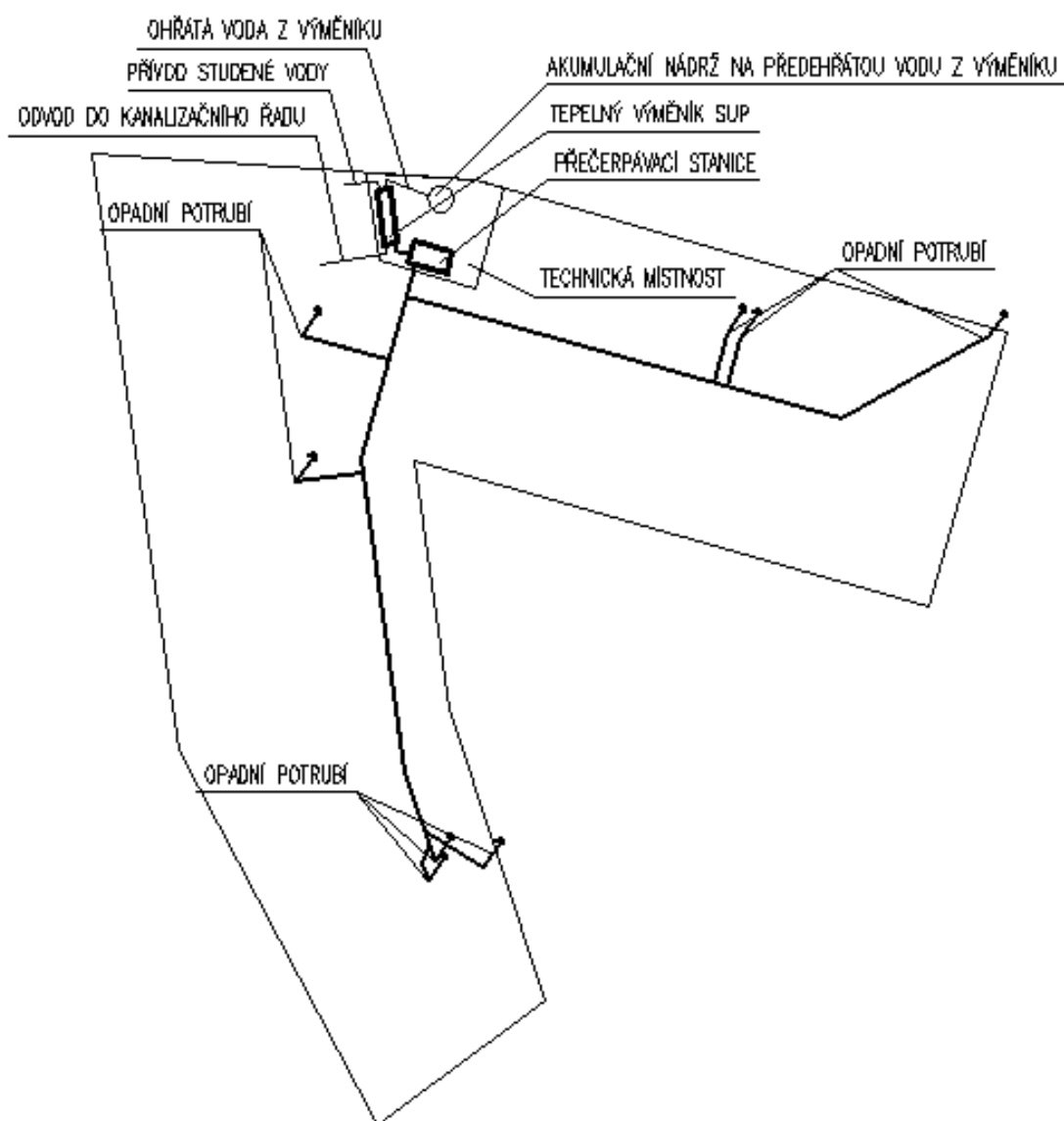
B.2.1. Instalace výměníku tepla na odpadní potrubí ze všech zařizovacích předmětů

Při tomto způsobu odběru tepla z odpadního potrubí navržen odpadní výměník SAKAL SUP-980 (*Obr. 34*). Tento výměník se osadí do technické místnosti v blízkosti akumulární nádrže, do které bude svedena předehřátá voda získaná z tepelného výměníku. Do tepelného výměníku budou odvedeny odpadní vody ze všech zařizovacích předmětů v objektu. Ležatým potrubím budou odpadní vody svedeny do technické místnosti. Pomocí přečerpávací stanice se odpadní vody napojí na výměník SUP. Na výměník tepla se také napojí přívod studené vody, odvod předehřáté vody do akumulární nádrže a odvod ochlazených odpadních vod do kanalizace.



Obr. 34 Odpadní výměník SUP-980

Schéma získávání energie z odpadních vod instalováním tepelného výměníku ze všech zařizovacích předmětů napojených na odpadní potrubí v objektu.



Vyhodnocení řešení

Vzhledem k typu bytů, které jsou převážně pro 2 osoby, by tento systém nebyl maximálně využit. K zapnutí pračky a myčky by došlo zhruba 1 až 2 krát za týden a voda z umyvadel a dřezů nemusí mít dostatečnou teplotu, tudíž odebrání tepelné energie by bylo minimální. Vhodné je tedy instalovat výměník tepla pouze na odpadní vodu ze sprchy.

Typ tohoto výměníku je vhodný instalovat například do provozů prádelen, lázní, sportovišť nebo jiných objektů s velkou produkcí teplé vody.

B.2.2. Instalace rekuperačního výměníku pod sprchovou

Sprchový výměník se instaluje za odpad pod sprchovou vaničku. Výměníkem protéká teplá odpadní voda ze sprchy, která uvnitř výměníku předává svou tepelnou energii studené vodě z vodovodního řadu. Jednou možností je tuto předehřátou vodu odvést do termostatické směšovací baterie u sprchy a použít ihned ke sprchování. Druhou možností je odvést předehřátou vodu z výměníku do akumulární nádrže a uspořit na spotřebě energie pro výrobu teplé vody do celého objektu.

Je navržen malý koupelnový výměník (*Obr. 35*) o rozměru 560x405x100mm s plastovou skříní. Vlastní výměník uvnitř tvoří ploché měděné profily, po jejichž povrchu volně stéká teplá odpadní voda. Uvnitř pak proudí čistá studená voda z vodovodního řadu s teplotou 10°C.



Obr. 35 Malý koupelnový výměník

Hodnoty dané výrobcem:

- připojení odpadní strany DN40, připojení vody G 3/4“
- výměník získá z odpadní vody 12-15°C, vodu z vodovodního řádu 10°C ohřeje na 22-25°C
- funkce předání tepla se uskuteční během 14 sekund od okamžiku, kdy výměníkem začne odtékat do odpadu teplá voda [26]

Vyhodnocení řešení

Možnost odvést přehřátou vodu do termostatické směšovací baterie bude investičně méně náročné, ale zároveň méně efektivní z hlediska využití získané energie z odpadních vod. Získanou energii, která se odvede do akumulární nádrže lze využít kdykoli bez minimálních ztrát. Zato část získané energie, která je odvedena do směšovací baterie, může zůstat nevyužita.

Cílem této práce je navrhnout systém využití tepelné energie z odpadních vod s odvodem získané energie do akumulární nádrže, návrh, provoz a řízení výměníku a celého systému. Závěrem této práce bude ekonomické zhodnocení a návratnost investice.

B.3. Návrh vnitřní kanalizace a kanalizační přípojky

B.3.1. Dimenzování vnitřní kanalizace a kanalizační přípojky

Množství odpadních vod

Dimenzováno dle normy ČSN 75 6760 – Vnitřní kanalizace

Průtok splaškových odpadních vod Q_{ww} :

Předpokládaný průtok odpadních vod v části nebo v celém systému vnitřní kanalizace, kde jsou na systém napojeny pouze domovní zařizovací předměty, vypočítá se ze vzorce:

$$Q_{ww} = K \cdot \sqrt{\sum DU}$$

Kde: Q_{ww} průtok odpadních vod v l/s

k součinitel odtoku (bez rozměru)

$\sum DU$ součet výpočtových odtoků v l/s (dle tab. Výpočtové odtoky DU)

Celkový průtok odpadních vod Q_{tot} :

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{ww}} + Q_{\text{c}} + Q_{\text{p}}$$

Kde: Q_{tot} celkový průtok odpadních vod

Q_{ww} průtok odpadních vod v l/s

Q_{c} trvalý průtok v l/s

Q_{p} čerpaný průtok v l/s

Průtok splaškových odpadních vod Q_{ww} v l/s

$$Q_{\text{ww}} = k \cdot \sqrt{\sum DU}$$

$$k = 0,5$$

Celkový průtok splaškových odpadních vod Q_{tot} v l/s

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{ww}} + Q_{\text{c}} + Q_{\text{p}} \quad \rightarrow Q_{\text{tot}} = Q_{\text{ww}}$$

$$Q_{\text{c}} \text{ trvalý průtok} = 0$$

$$Q_{\text{p}} \text{ čerpaný průtok} = 0$$

Průtok odpadních vod ve svodném potrubí $Q_{\text{r,w}}$ v l/s

$$Q_{\text{r,w}} = 0,33 \cdot Q_{\text{ww}} + Q_{\text{c}} + Q_{\text{p}} + Q_{\text{r}}$$

$$Q_{\text{r,w}} < Q_{\text{ww}} \rightarrow Q_{\text{r,w}} = Q_{\text{tot}} = Q_{\text{ww}}$$

Průtok dešťových vod Q_{r} v l/s

$$Q_{\text{r}} = i \cdot A \cdot \Psi_{\text{st}}$$

Kde i je intenzita deště v l/s $i = 0,03$

A Půdorysný průmět odvodňované plochy v m^2

Ψ_{st} Součinitel odtoku odvodňovaných ploch

Tabulka s typem povrchu a daným součinitelem odtoku odvodňovaných ploch

Typ povrchu	A	Ψ_{st}
střechy ostatní	437,6	1
dlažba s pískovými sparami	85	0,6
zatravněné plochy	29,7	0,05

$$Q_r = 14,70 \text{ l/s}$$

Tabulka: Výpočtové odtoky DU [10]

Zařizovací předmět	Výpočtové odtoky DU	DN
Umyvadlo	0,5	40
Sprchová mísa se zátkou	0,8	50
Kuchyňský dřez	0,8	50
Bytová myčka nádobí	0,8	50
Automatická pračka	0,8	50
Podlahová vpust'	1,5	75
Záchodová mísa s nádržkovým splachovačem	2	110

Dimenzování přípojovacího a splaškového odpadního potrubí PP-HT

ODPADNÍ POTRUBÍ S1	$Q_{ww}(\text{vypočtené})$	$Q_{ww}(\text{skutečné})$	Q_{\max}	DN
1NP				
Přípojovací potrubí levá strana				
AP	0,80	0,80	0,8	50
UM	0,57	0,8	0,8	50
Přípojovací potrubí pravá strana				
DJ	0,80	0,80	0,8	50
M	0,63	0,8	0,8	50
SM	0,77	0,8	0,8	50
WC	2,00	2	2,5	110
Odpadní potrubí	1,19	2,00	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S2	$Q_{ww}(\text{vypočtené})$	$Q_{ww}(\text{skutečné})$	Q_{\max}	DN
2NP				
Přípojovací potrubí pravá strana				
M	0,80	0,80	0,8	50
DJ	0,63	0,8	0,8	50
AP	0,77	0,8	0,8	50
UM	0,85	0,85	1	75
SM	0,96	0,96	1	75
WC	2,00	2,00	2,5	110
Odpadní potrubí	1,19	2	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S3	$Q_{ww}(\text{vypočtené})$	$Q_{ww}(\text{skutečné})$	Q_{\max}	DN
2NP				
Přípojovací potrubí pravá strana				
M	0,80	0,80	0,8	50
DJ	0,63	0,8	0,8	50
UM	0,72	0,8	0,8	50
WC	2,00	2	2,5	110
Odpadní potrubí	1,01	2	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S4	$Q_{ww}(\text{vypočtené})$	$Q_{ww}(\text{skutečné})$	Q_{\max}	DN
3NP				
Přípojovací potrubí levá strana				
UM	0,50	0,50	0,5	40
AP	0,57	0,8	0,8	50
DJ	0,72	0,8	0,8	50
M	0,85	0,85	1	75
SM	0,96	0,96	1	75
WC	2,00	2	2,5	110
2NP				
Přípojovací potrubí levá strana				
UM	0,50	0,50	0,5	40

AP	0,57	0,8	0,8	50
DJ	0,72	0,8	0,8	50
M	0,85	0,85	1	75
SM	0,96	0,96	1	75
WC	2,00	2	2,5	110
Odpadní potrubí	1,69	1,69	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S5	Q_{ww}(vypočtené)	Q_{ww}(skutečné)	Q_{max}	DN
3NP				
Připojovací potrubí levá strana				
AP	0,80	0,80	0,8	50
DJ	0,63	0,8	0,8	50
UM	0,72	0,8	0,8	50
M	0,85	0,85	1	75
SM	0,96	0,96	1	75
WC	2,00	2,00	2,5	110
2NP				
Připojovací potrubí levá strana				
AP	0,80	0,80	0,8	50
DJ	0,63	0,8	0,8	50
UM	0,72	0,8	0,8	50
M	0,85	0,85	1	75
SM	0,96	0,96	1	75
WC	2,00	2	2,5	110
1NP				
Připojovací potrubí levá strana				
DJ	0,80	0,80	0,8	50
M	0,63	0,8	0,8	50
Připojovací potrubí pravá strana				
UM	0,50	0,50	0,5	40
AP	0,57	0,8	0,8	50
SM	0,72	0,8	0,8	50
WC	2,00	2	2,5	110
Odpadní potrubí	2,19	2,19	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S6	Q_{ww}(vypočtené)	Q_{ww}(skutečné)	Q_{max}	DN
3NP				
Připojovací potrubí levá strana				
M	0,80	0,80	0,8	50
DJ	0,63	0,8	0,8	50
Připojovací potrubí pravá strana				
AP	0,80	0,80	0,8	50
UM	0,57	0,8	0,8	50
SM	0,72	0,8	0,8	50
WC	2,00	2	2,5	110
2NP				

Připojovací potrubí levá strana				
M	0,80	0,80	0,8	50
DJ	0,63	0,8	0,8	50
Připojovací potrubí pravá strana				
AP	0,80	0,80	0,8	50
UM	0,57	0,8	0,8	50
SM	0,72	0,8	0,8	50
WC	2,00	2	2,5	110
Odpadní potrubí	1,69	2	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S7	Q_{ww}(vypočtené)	Q_{ww}(skutečné)	Q_{max}	DN
3NP				
Připojovací potrubí levá strana				
M	0,50	0,5	0,5	40
WC	2,00	2	2,5	110
Připojovací potrubí pravá strana				
UM	0,50	0,50	0,5	40
AP	0,57	0,8	0,8	50
SM	0,72	0,8	0,8	50
DJ	0,80	0,80	0,8	50
2NP				
Připojovací potrubí levá strana				
UM	0,50	0,50	0,5	40
M	0,57	0,8	0,8	50
WC	2,00	2	2,5	110
Připojovací potrubí pravá strana				
UM	0,50	0,50	0,5	40
AP	0,57	0,8	0,8	50
SM	0,72	0,8	0,8	50
DJ	0,80	0,80	0,8	50
Odpadní potrubí	1,72	1,72	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S8	Q_{ww}(vypočtené)	Q_{ww}(skutečné)	Q_{max}	DN
3NP				
Připojovací potrubí levá strana				
AP	0,80	0,80	0,8	50
UM	0,57	0,8	0,8	50
Připojovací potrubí pravá strana				
SM	0,80	0,80	0,8	50
WC	2,00	2,00	2,5	110
Odpadní potrubí	1,01	1,01	5,2	110
ODPADNÍ POTRUBÍ S9	Q_{ww}(vypočtené)	Q_{ww}(skutečné)	Q_{max}	DN
3NP				
VP	1,50	1,50	1,5	75

Dimenzování svodného potrubí PVC-KG

	$Q_{ww}(\text{vypočtené})$	$Q_{ww}(\text{skutečné})$	Sklon (%)	Q_{\max}	DN
S7-6'	1,76	2,00	3	6,7	125
6'-1	2,44	2,44	3	6,7	125
1-5'	3,13	3,13	3	6,7	125
5'-2	3,75	3,75	3	6,7	125
2-HVŠ	4,28	4,28	3	6,7	125
HVŠ-přípoj.	18,06	18,06	3	22,3	200
S8-3'	1,01	2,00	3	6,7	125
3'-2'	1,43	2,00	3	6,7	125
2'-9'	1,86	2,00	3	6,7	125
9'-1	1,96	2,00	3	6,7	125
S1-4'	1,19	2,00	3	6,7	125
4'-2	2,07	2,07	3	6,7	125

Dimenzování dešťového potrubí

	A	ψ_{st}	Q_r	Q_{\max}	DN
Dešťové odpadní potrubí, vnitřní PP-HT, venkovní PVC					
S11	32,22	1	0,9666	2	75
S12	25,2	1	0,756	2	75
S13	11,7	1	0,351	2	75
S14	6,9	1	0,207	2	75
S15	3,42	1	0,1026	2	75
S16	55,65	1	1,6695	2	75
S17	76	1	2,28	3	105
S18	44,67	1	1,3401	2	75
S19	57,38	1	1,7214	2	75
S20	86,45	1	2,5935	3	105
S21	83,5	0,6	1,503	2	75
	31,2	0,05	0,0468	2	75
S22	7,8	0,6	0,1404	2	75

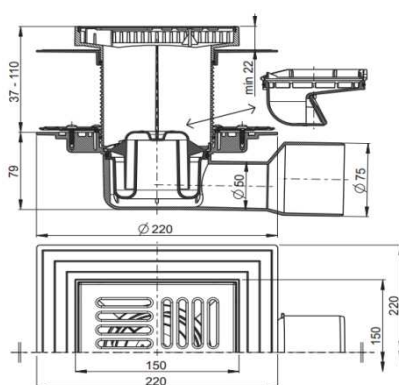
	A	ψ_{st}	Q_r	Q_{max}	DN
Dešťové svodné potrubí PVC-KG					
S20-11'	86,45	1	2,5935	3	125
11'-12'	32,22	1	3,5601	4,8	125
12'-13'	25,2	1	4,3161	4,8	125
13'-16'	11,7	1	4,6671	4,8	125
16'-14'	55,65	1	6,3366	8,1	125
14'-15'	6,9	1	6,5436	8,1	125
15'-21'	3,42	1	6,6462	8,1	125
21'-17'	83,5	0,6	8,1492	9	160
	31,2	0,05	8,196	9	160
17'-3	76	1	10,476	12,6	160
3-RN	109,85	1	13,7715	25	160
RN-HVŠ	109,85	1	13,7715	25	160
S22'-18'	44,67	1	1,3401	2	125
18'-19'	7,8	0,6	1,4805	2	125
19'-3	57,38	1	3,2019	4,8	125

Navržená podlahová vpust'

Je navržena nerezová podlahová vpust' APV3444 o rozměrech 150x150mm.

APV3444

Podlahová vpust' 150 × 150/50/75 boční, mřížka nerez,
nerezová příruba a límec 2. úrovně izolace,
vodní a suchá zápachová uzávěra



Obr. 36 Podlahová vpust'

Navržená dvorní vpust'

Je navržena bodová dvorní vpust' ACO SELF s polymer-betonovým korpusem o rozměru 250x250mm.



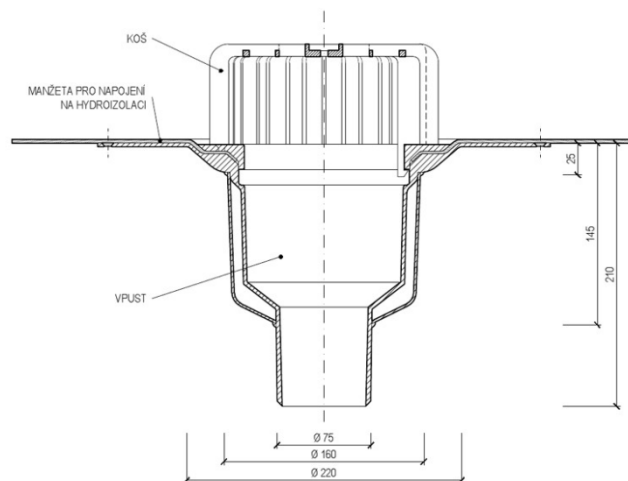
Obr. 37 Dvorní vpust'

Odvodnění střechy

Na objektu se nachází jak sedlová tak plochá střecha. Odvodnění sedlové střechy je zajištěno podokapními žlaby svedenými vnějším potrubím do retenční nádrže. Odvodnění sedlové střechy je zajištěno střešními vtoky svedenými vnitřním potrubím do retenční nádrže.

Střešní vtok

Jsou navrženy střešní vtoky TOPWET TW 75 BIT S s integrovanou manžetou izolace. Maximální hydraulická kapacita střešního vtoku je 10,7 l/s.



Obr. 38 Střešní vtok

B.3.2. Dimenzování retenční nádrže

Retenční nádrž bude dimenzována dle normy ČSN 75 6221 – Dimenzování retenčních nádrží na stokových sítích.

Akumulační objem retenční nádrže V_{ret} [l]

$$V_{\text{ret}} = (i \cdot A_{\text{red}} - Q_o) \cdot T_p \cdot 60$$

i

intenzita srážky [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$]

A_{red}

redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

Q_o

regulovaný odtok srážkových vod z retenční nádrže [l/s]

T_p

doba trvání srážky [min]

Redukovaný půdorysný průmět odvodňované plochy A_{red} [m^2]

$$A_{\text{red}} = \sum A_i \cdot \psi_i$$

A

půdorysný průmět odvodňované plochy [m^2]

ψ

součinitel odtoku dešťových vod

Regulovaný odtok srážkových vod z retenční nádrže Q_o [l/s]

$$Q_o = A \cdot Q_{\text{st}} / 10000$$

Q_{st}

stanovený odtok z celé nemovitosti [l/s.ha]

$Q_{\text{st}} =$

10 l/s.ha

periodicita $p = 0,2$

Tabulka s typem povrchu a daným součinitel odtoku
dešťových vod

Typ povrchu	A [m ²]	Ψ_{st}
střechy ostatní	399,6	1
upravené štěrkové plochy	91,3	0,6
zatravněné plochy	31,2	0,05

$$\begin{aligned}
 A_{red} &= 455,94 \text{ m}^2 \\
 A &= 522,10 \text{ m}^2 \\
 Q_0 &= 0,52 \text{ l/s}
 \end{aligned}$$

Výpočet akumulčního objemu retenční nádrže

Doba trvání srážky	úhrny srážek	intezita srážky	Akumulační objem
T_p [min]	h_d [mm]	i [l.s ⁻¹ .m ⁻²]	V_{ret} [m ³]
5	19	0,0469	6,26
10	26	0,0329	8,69
15	33	0,028	11,02
20	35	0,0222	11,52
30	38	0,0164	12,52
40	45	0,0146	14,72
60	49	0,0106	15,52
180	56	0,0041	14,55
360	66	0,0025	13,34
720	98	0,0018	12,90
1080	115	0,0014	7,53
1440	121	0,0011	-1,78
2880	125	0,0005	-50,83
4320	129	0,0004	-88,06

Navržena podzemní retenční nádrž NEPTUN 18. Do nádrže je navrženo ponorné a sací čerpadlo INTEGRA DUO 1100 s ochranou proti chodu za sucha. Čerpadlo je nutné pravidelně kontrolovat a čistit.

TYP	NEPTUN 6	NEPTUN 10	NEPTUN 14	NEPTUN 18	NEPTUN 22
objem (l)	6 000	10 000	14 000	18 000	22 000
délka (mm)	2 450	3 840	5 250	6 620	8 010
šířka (mm)	2 040	2 040	2 040	2 040	2 040
výška (mm)	2 050	2 050	2 050	2 050	2 050
hmotnost (kg)	240	440	640	840	1 040

Použité tabulky:

Součinitel odtoku dešťových vod [11]

Druh odvodňované plochy, popř. druh úpravy povrchu	Sklon povrchu		
	do 1%	1% až 5%	nad 5%
	Součinitele odtoku srážkových vod ψ		
Střechy s propustnou horní vrstvou tlustší než 100 mm (vegetační střechy)	0,7	0,7	0,7
Střechy s vrstvou kačírku na nepropustné vrstvě nebo střechy s propustnou horní vrstvou o tloušťce do 100 mm (vegetační střechy)	0,9	0,9	0,9
Střechy s nepropustnou horní vrstvou	1,0	1,0	1,0
Střechy s nepropustnou horní vrstvou o ploše přes 10 000 m ²	0,9	0,9	0,9
Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
Upravené šterkové plochy	0,3	0,4	0,5
Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
Komunikace ze zatravnovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Komunikace ze vsakovacích tvárnic	0,2	0,3	0,4
Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
Zatravněné plochy	0,05	0,1	0,15

Intenzity srážek [11]

Doba trvání srážky Tp [min]	Periodicita p		
	0,2	0,1	0,01
	Intenzita srážky i [l/(s.m ²)]		
5	0,0469	0,0547	0,0814
10	0,0329	0,0393	0,0623
15	0,0280	0,0338	0,0545
20	0,0222	0,0269	0,0440
30	0,0164	0,0199	0,0331
40	0,0146	0,0179	0,0297
60 (1 hod)	0,0106	0,0130	0,0218
180 (3 hod)	0,0041	0,0051	0,0085
360 (6 hod)	0,0025	0,0030	0,0051
720 (12 hod)	0,0018	0,0022	0,0037
1080 (18 hod)	0,0014	0,0017	0,0028
1440 (24 hod)	0,0011	0,0013	0,0023
2880 (48 hod)	0,0005	0,0007	0,0011
4320 (72 hod)	0,0004	0,0004	0,0007

Úhrny srážek [11]

Místo	Periodicita p	Doba trvání srážek Tp [min]					
		5	10	15	20	30	40
		Úhrny srážek hd [mm]					
Místa v České republice s nadmořskou výškou do 700 m n. m.	0,2	16	22	28	30	33	39
	0,1	19	26	33	35	38	45

Místo	Periodicita p	Doba trvání srážek Tp [min]							
		60	180	360	720	1080	1440	2880	4320
		Úhrny srážek hd [mm]							
Místa v České republice s nadmořskou výškou do 700 m n. m.	0,2	42	48	57	84	99	103	105	107
	0,1	49	56	66	98	115	121	125	129

B.4. Návrh vnitřního vodovodu a vodovodní přípojky

Dimenzováno dle normy ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování a dle ČSN 75 5455 – Výpočet vnitřních vodovodů

B.4.1. Potřeba vody v bytovém domě

Potřeba vody v objektu se stanovuje pro 12 bytů, tedy pro 30 obyvatel.

Stanovení potřeby vody výpočtem:

Průměrná denní potřeba vody Q_p

Q_p = počet spotřebních jednotek x specifická potřeba vody

Specifická potřeba vody (dle směrného čísla): 0,15 m³/obyvatele.den

směrné číslo roční potřeby vody 56 m³/rok

spotřební jednotka: 30 obyvatel

Průměrná denní potřeba vody Q_p = 4,60 m³/den = 4603 l/den

Maximální denní potřeba vody Q_m

$Q_m = Q_p \cdot k_d = 4,6 \cdot 1,5 = 6,9 \text{ m}^3/\text{den}$

koeficient denní nerovnoměrnosti k_d = 1,5

Maximální hodinová potřeba vody Q_h

$$Q_h = 1/24 \cdot Q_p \cdot k_d \cdot k_h = 1/24 \cdot 4,5 \cdot 2,1 =$$

0,6 m³/hkoeficient hodinové nerovnoměrnosti k_h =

2,1

Roční potřeba vody Q_r

$$Q_r = Q_p \cdot \text{Počet provozních dní}$$

1680 m³/rok

počet provozních dní

365 dní

Stanovení potřeby vody dle činností:

časový interval hodina	umyvadlo 5 l	dřez 10 l	sprcha 40 l	WC 10 l	pračka 40 l	myčka 12 l	celkem l
1	1	0	0	1	0	0	15
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	1	0	0	15
5	5	4	1	5	0	0	155
6	9	6	2	9	0	0	275
7	15	7	3	15	0	1	427
8	10	5	3	10	0	2	344
9	5	3	1	5	0	2	169
10	2	2	1	2	0	0	90
11	2	0	0	2	0	0	30
12	2	2	0	2	0	0	50
13	1	2	0	1	0	0	35
14	1	1	0	1	0	0	25
15	2	1	0	2	0	0	40
16	3	2	0	3	0	0	65
17	4	3	1	4	2	1	222
18	6	4	2	6	2	2	314
19	10	5	5	10	2	2	504
20	12	6	6	12	0	1	492
21	15	5	5	15	0	0	475
22	8	2	3	8	0	0	260
23	4	0	2	4	0	0	140
24	2	0	0	2	0	0	30
celkem	120	60	35	120	6	11	4172
max.hodinová potřeba vody							504

l/den

l/den

B.4.2.Návrh přípravy teplé vody

Příprava teplé vody a návrh zásobníkového ohřívače je spočítán na nedostatečnou teplotu ve výměnících, tedy na vstupní teplotu vody z vodovodního řadu 10°C.

Počty výtokových armatur v daném objektu s výpočtovými průtoky Q_a :

Armatura	počet n	Výpočtový průtok Q_a (l/s)
umyvadlo	12	0,2
dřez jednoduchý	11	0,2
sprcha	11	0,2

Počet osob $n = 30$ osob

Potřeba TV na osobu $V_{2p} = 0,082 \text{ m}^3/\text{osobu} \cdot \text{per}$

Potřeba tepla na osobu $Q_{2p} = 4,3 \text{ kWh/osbou} \cdot \text{per}$

Ztráty $z = 0,5$

měrná tepelná kapacita vody $c = 1,163 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$

Výpočtový průtok teplé vody $Q_{d,TV}$

$$Q_{d,TV} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{ai}^2 \cdot n_i)} = 1,17 \text{ l/s}$$

Celková potřeba teplé vody V_{2t}

$$V_{2t} = n_i \cdot V_{2p} = 30 \cdot 0,082 = 2,46 \text{ m}^3/\text{per}$$

Celková potřeba tepla na ohřev teplé vody Q_{2t}

$$Q_{2t} = n_i \cdot Q_{2p} = 30 \cdot 4,3 = 129 \text{ kWh/per}$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 129 \cdot 0,5 = 64,5 \text{ kWh/per}$$

Teplo dodávané ohřívačem během jedné periody

$$Q_{1p} = Q_{2p} + Q_{2z} = 129 + 64,5 = 193,5 \text{ kWh/per}$$

Objem zásobníkového ohřívače

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (T_1 - T_2)} = \frac{40,42}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,77 \text{ m}^3$$

Maximální rozdíl mezi křivkou dodávky a odběrem tepla $\Delta Q_{max} = 40,42 \text{ kWh}$

Teplota studené vody při vstupu do ohřívače $T_1 = 10 \text{ °C}$

Teplota teplé vody na výstupu z ohřívače $T_2 = 55 \text{ °C}$

Jmenovitý výkon zásobníkového ohřívače vody

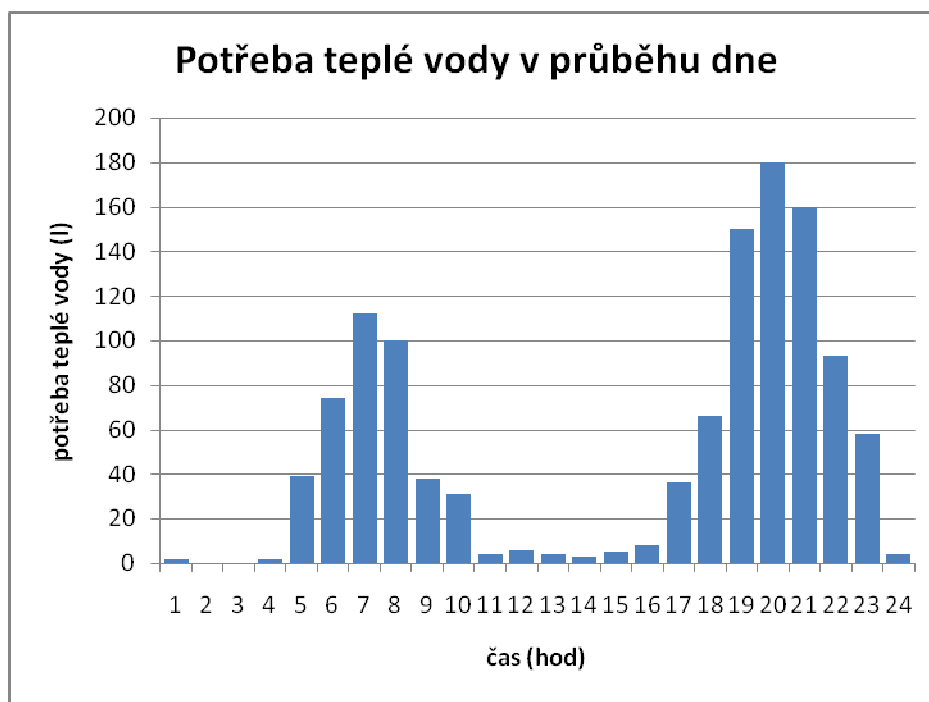
$$Q_{1,n} = (Q_1 / \tau)_{max} = (98 / 7) = 14 \text{ kW}$$

Dodávka tepla za čas τ $Q_1 = 98 \text{ kWh/h}$

Časový úsek trvání max. odběru tepla $\tau = 7 \text{ h}$

Časový rozbor s intervalem 1 hodina dle činností

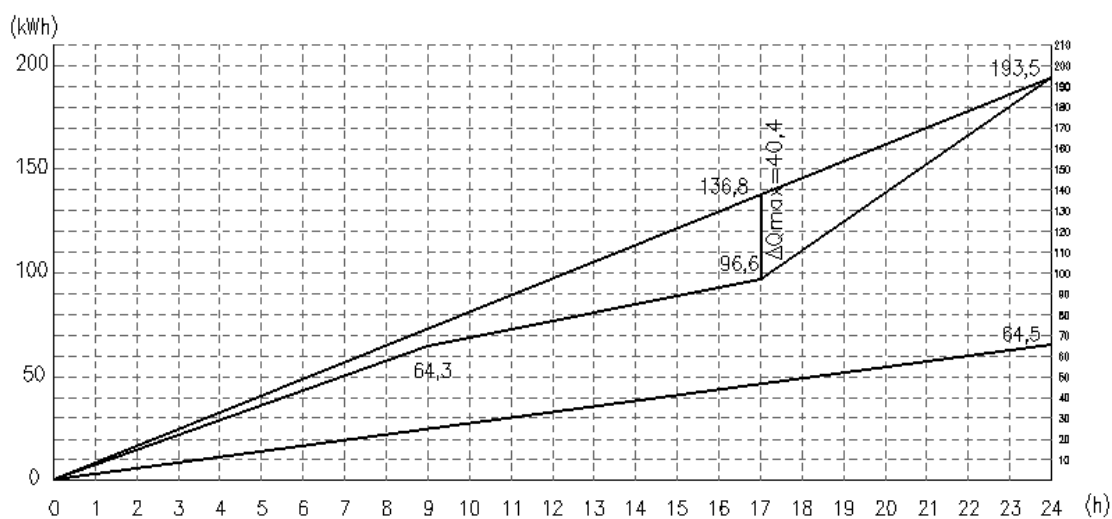
časový interval	počet činností			potřeba vody	potřeba tepla	
	umyvadlo	dřez	sprcha			
[h]	2 l	1 l	25 l	[l]	[kWh]	%
	0,1 kWh	0,05 kWh	1,32 kWh			
0	0	0	0	0	0	0,0
1	1	0	0	2	0	0,2
2	0	0	0	0	0	0,0
3	0	0	0	0	0	0,0
4	1	0	0	2	0	0,2
5	5	4	1	39	2	3,3
6	9	6	2	74	4	6,3
7	15	7	3	112	6	9,5
8	10	5	3	100	5	8,5
9	5	3	1	38	2	3,2
10	2	2	1	31	2	2,6
11	2	0	0	4	0	0,3
12	2	2	0	6	0	0,5
13	1	2	0	4	0	0,3
14	1	1	0	3	0	0,2
15	2	1	0	5	0	0,4
16	3	2	0	8	0	0,7
17	4	3	1	36	2	3,1
18	6	4	2	66	3	5,6
19	10	5	5	150	8	12,8
20	12	6	6	180	9	15,4
21	15	5	5	160	8	13,6
22	8	2	3	93	5	7,9
23	4	0	2	58	3	5,0
24	2	0	0	4	0	0,3
Celkem	120	60	35	1175	61	100,0



Rozdělení množství tepla na dobu odběru

OD	DO	Procenta	$V_{2t}(m^3)$	$Q_{2t}(kWh)$	$Q_{1p}(kWh)$
0:00	9:00	31	0,77	40,15	60,23
9:00	17:00	8	0,20	10,52	15,78
17:00	24:00	61	1,49	78,33	117,49
	celkem	100,0	2,5	129,0	193,5

Křivka dodávky a odběru tepla



Návrh zásobníku na předeřev a dořev

Dle vypočteného potřebného objemu zásobníku $0,77\text{m}^3$ navrhuji elektrický zásobník na dořev. Takto velký objem potřebuji v obou zásobnících, kdyby nastal řipad nedostatečné teploty v zásobníku na předeřev (minimální nebo nulový zisk z tepelných výměníků). Na předeřev tedy volím stejný objem zásobníku.

Jako zásobník na dořev je navržen elektrický akumulací ohříváč stacionární Drařice OKCE 1000S/1Mpa s vestavnou elektrickou topnou jednotkou. Ohříváč je izolován 100mm polyuretanovou řenou.



Návrh expanzní nádoby

Zásobník TV	100	200	300	500	750	1000	litřů
Orientační velikost EN	8	12	18	25	33	60	litřů

Je navrřena expanzní nádoba o objemu 60l, což odpovídá 16,6% objemu ohříváče.

Pojistný ventil závisí na objemu ohříváče, tedy pro objem 1000l volím pojistný ventil DN 20.

$$P_{\max} = h \cdot g \cdot \rho$$

$$P_{\max} = 9,81 \cdot 1000 = 9,81 \text{ kPa}$$

$$\text{Otevírací řetřlak: } 1,25 \cdot P_{\max} \Rightarrow 1,25 \cdot 9,81 = 12,26 \text{ kPa}$$

Jako zásobník pro předehřev je navržen akumulční zásobník Buderus Logalux PNR1000 E s objemem zásobníku 960l. Akumulační zásobník je se solárním výměníkem a se stratifikačním plechem pro vrstvené nabíjení. V zásobníku je velká teplosměnná plocha 2,7m². Zásobník je opatřen 80mm silnou polyuerthanovou pěnovou izolací.



B.4.3. Dimenzování vnitřního vodovodu a vodovodní přípojky

Prívodní potrubí vnitřního vodovodu a vodovodní přípojky musí být navrženo tak, aby při nejnižším dispozičním přetlaku v místě napojení na rozváděcí řad vodovodu pro veřejnou potřebu byl před výtakovými armaturami alespoň minimální požadovaný hydrodynamický přetlak a jmenovitý výtok vody dle tabulky. Teplota teplé vody na výstupu z ohřívače nemá být nižší než 55°C.

Výpočet proveden dle ČSN 75 5455 podrobnou metodou. Na rozvody vnitřního vodovodu navrženo potrubí PPR PN 20. Nástavce u vodoměrů jsou z ocelového pozinkovaného potrubí. Vodovodní přípojka je navržena z materiálu HDPE 100 SDR 11. Hodnoty tlakových ztrát a průtočné rychlosti jsou určeny z tabulky v normě ČSN 75 5455.

Stanovení výpočtového průtoku v potrubí Q_d [l/rok]

$$Q_d = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_{Ai}^2 \cdot n_i)}$$

kde:

Q_A jmenovitý výtok jednotlivými druhy výtokových armatur a zařízení, v l/s (dle tab.1, norma ČSN 75 5455)

n počet výtokových armatur stejného druhu

m počet druhů výtokových armatur

Tlakové ztráty vlivem místních odporů Δp_F [kPa]

$$\Delta p_F = \sum_{i=1}^m \zeta_i \cdot \frac{v_i^2}{2000} \cdot \rho$$

kde:

ζ součinitel místního odporu dle výrobce PPR Osma Wavin (v příloze)

v průtočná rychlost, v m/s

ρ hustota vody, v kg/m³ (dle tab.D1, norma ČSN 75 5455)

m počet druhů výtokových armatur

Tlakové ztráty vlivem tření o stěny trubek a místních odporů v potrubí Δp_{RF} [kPa]

$$\Delta p_{RF} = \sum_{j=1}^n (l_j \cdot R_j + \Delta p_{Fj})$$

kde:

l délka posuzovaného úseku potrubí, v m

R délková tlaková ztráta třením, v kPa/m, dle tabulky výrobce

Δp_F tlaková ztráta vlivem místních odporů, v kPa

n počet posuzovaných úseků

Dimenzování studené vody

Hlavní větev

Úsek		Jmenovitý výtok Q _A (l/s)				Q _D (l/s)	d _a x s (mm) DN	v (m/s)	l (m)	R (kPa/m)	l · R (kPa)	Σ ζ	Δp _f	l · R + Δp _f	PPR PN 20 <
------	--	--------------------------------------	--	--	--	----------------------	----------------------------	---------	-------	-----------	-------------	-----	-----------------	-------------------------	--

PPR PN 20

ocel.pozink

PPR PN 20

ocel.pozink
HDPE100
SDR 11

Vedlejší větve

Úsek		Jmenovitý výtok Q _A (l/s)				Q _D (l/s)	d _a x s (mm) DN	v (m/s)	l (m)	R (kPa/m)	l · R (kPa)	Σ ζ	Δp _f	l · R + Δp _f
od	do	0,2		0,15										
		přibývá	celkem	přibývá	celkem									
C1	C2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	0,80	2,441	1,953	1,5	1,69	3,64
C2	C3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	0,30	4,479	1,344	1,6	3,29	4,63
C3	C4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	0,50	2,206	1,103	1,0	1,28	2,38
C4	C5	0	3	1	1	0,38	25x4,2	1,72	1,90	2,539	4,824	2,5	3,70	8,52
C5	C6	1	4	0	1	0,43	25x4,2	1,95	1,10	3,170	3,487	2,6	4,94	8,43
C6	C7	0	4	1	2	0,45	25x4,2	2,05	0,60	3,886	2,332	1,0	2,10	4,43
C7	C8	0	4	0	2	0,45	20	1,50	0,30	1,218	0,365	0,0	0,00	0,37
C8	A9	0	4	0	2	0,45	25x4,2	2,05	0,90	3,886	3,497	3,7	7,77	11,27
D1	D2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	0,40	2,441	0,976	1,5	1,69	2,66
D2	D3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	1,40	4,479	6,271	1,6	3,29	9,56
D3	D4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	2,20	2,206	4,853	2,5	3,20	8,05
D4	D5	1	4	2	2	0,45	25x4,2	2,05	0,50	3,886	1,943	1,1	2,31	4,25
D5	D6	0	4	0	2	0,45	20	1,50	0,30	1,218	0,365	0,0	0,00	0,37
D6	D7	0	4	0	2	0,45	25x4,2	2,05	5,90	3,886	22,927	5,3	11,03	33,96
D7	A13	4	8	2	4	0,64	32x5,4	1,82	4,20	1,976	8,299	4,8	7,87	16,17
E1	E2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	0,80	2,441	1,953	1,5	1,69	3,64
E2	E3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	3,60	4,479	16,124	4,6	9,65	25,78
E3	E4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	0,90	2,206	1,985	1,0	1,26	3,25
E4	E5	1	4	1	1	0,43	25x4,2	1,95	0,90	3,170	2,853	2,0	3,80	6,66
E5	E6	0	4	1	2	0,45	25x4,2	2,05	0,50	3,886	1,943	1,0	2,10	4,04
E6	E7	0	4	0	2	0,45	20	1,50	0,30	1,218	0,365	0,0	0,00	0,37
E7	E8	0	4	0	2	0,45	25x4,2	2,05	4,10	3,886	15,933	5,3	11,03	26,96
E8	A13	5	9	2	4	0,67	32x5,4	1,91	3,80	2,143	8,143	4,8	8,66	16,81
F1	F2	0	0	1	1	0,15	20x3,4	1,70	0,60	4,173	2,504	1,5	2,17	4,67
F2	F3	1	1	0	1	0,25	20x3,4	1,85	1,80	7,408	13,334	3,1	5,22	18,55
F3	F4	1	2	0	1	0,32	20x3,4	2,34	1,00	5,675	5,675	2,0	5,48	11,15
F4	F5	0	2	1	2	0,35	25x4,2	1,60	0,50	2,206	1,103	8,8	11,20	12,30
F5	F6	0	2	0	2	0,35	20	1,15	0,30	0,785	0,236	0,0	0,00	0,24
F6	F7	0	2	0	2	0,35	25x4,2	1,60	1,60	2,206	3,530	8,8	11,20	14,73
F7	G7	4	6	2	4	0,57	32x5,4	1,61	6,20	1,606	9,957	0,0	0,00	9,96
G1	G2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	0,70	2,441	1,709	1,5	1,69	3,40
G2	G3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	2,80	4,479	12,541	2,5	5,30	17,85
G3	G4	1	3	0	0	0,35	20x3,4	2,34	0,10	5,675	0,568	0,5	1,37	1,94
G4	G5	0	3	1	1	0,38	25x4,2	1,72	0,50	2,539	1,270	1,0	1,48	2,75
G5	G6	0	3	0	1	0,38	20	1,20	0,30	0,793	0,238	0,0	0,00	0,24
G6	G7	0	3	0	1	0,38	25x4,2	1,72	15,20	2,539	38,593	14,3	21,08	59,67
G7	A15	6	9	4	5	0,69	32x5,4	1,97	14,50	2,255	32,698	6,1	11,74	44,44

Dimenzování teplé vody

Hlavní větev

Úsek		Jmenovitý výtok Q_A (l/s)				Q_D (l/s)	$d_a \times s$ (mm)	v (m/s)	l (m)	R (kPa/m)	$l \cdot R$ (kPa)	$\Sigma \zeta$	Δp_f	$l \cdot R + \Delta p_f$	
od	do	0,2		0,15											
		přibývá	celkem	přibývá	celkem										
B1	B2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	2,80	2,033	5,692	3,0	3,38	9,07	PPR PN 20
B2	B3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	1,50	3,825	5,738	2,6	5,44	11,17	
B3	B4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	2,30	1,868	4,296	4,0	5,04	9,34	
B4	B5	0	3	0	0	0,35	20	1,15	0,30	0,785	0,236	0,0	0,00	0,24	ocel, pozink
B5	B6	0	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	4,60	1,868	8,593	4,7	5,93	14,52	
B6	B7	3	6	0	0	0,49	25x4,2	2,25	3,80	3,422	13,004	4,8	11,85	24,85	
B7	B8	6	9	0	0	0,60	32x5,4	1,97	6,50	1,923	12,500	4,8	9,08	21,58	PPR PN 20
B8	B9	3	12	0	0	0,69	32x5,4	2,21	0,40	2,358	0,943	1,1	2,53	3,47	
B9	B10	3	15	0	0	0,77	32x5,4	2,40	11,30	2,830	31,979	4,6	12,91	44,89	
B10	B11	6	21	0	0	0,92	40x6,7	1,76	3,90	1,201	4,684	1,0	1,53	6,21	PPR PN 20
B11	B12	7	28	0	0	1,06	40x6,7	2,02	1,90	1,518	2,884	2,7	5,43	8,31	
B12	B13	7	35	0	0	1,18	40x6,7	2,25	5,30	1,828	9,688	6,7	16,71	26,40	
B13	B14	0	35	0	0	1,18	40x6,7	2,25	1,90	1,828	3,473	7,9	19,70	23,17	ocel, pozink
B14	A16	0	35	0	0	1,18	40x6,7	2,25	1,00	1,828	1,828	6,2	15,46	17,29	
A16	A17	50	85	25	25	1,99	50x8,4	2,30	1,20	1,501	1,801	5,2	13,55	15,35	
A17	A18	0	85	0	25	1,99	40	1,70	0,30	0,630	0,189	0,0	0,00	0,19	ocel, pozink HDPE100 SDR 11
A18	A19	0	85	0	25	1,99	50x4,6	2,30	6,50	1,501	9,757	0,2	0,52	10,28	
													Δp_{fT}	226,09	

Vedlejší větve

Úsek		Jmenovitý výtok Q_A (l/s)				Q_D (l/s)	$d_a \times s$ (mm) DN	v (m/s)	l (m)	R (kPa/m)	$l \cdot R$ (kPa)	$\Sigma \zeta$	Δp_f	$l \cdot R + \Delta p_f$
od	do	0,2		0,15										
		přibývá	celkem	přibývá	celkem									
H1	H2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	0,60	2,033	1,220	4,5	5,06	6,28
H2	H3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	3,10	3,825	11,858	3,1	6,47	18,33
H3	H4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	0,90	1,868	1,681	3,5	4,48	6,16
H4	H5	0	3	0	0	0,35	20	1,15	0,30	0,785	0,236	0,0	0,00	0,24
H5	B6	0	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	1,00	1,868	1,868	1,5	1,92	3,79
CH1	CH2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	0,80	2,033	1,626	4,5	5,06	6,69
CH2	CH3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	1,40	3,825	5,355	3,1	6,47	11,83
CH3	CH4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	1,40	1,868	2,615	2,6	3,33	5,94
CH4	CH5	0	3	0	0	0,35	20	1,15	0,30	0,785	0,236	0,0	0,00	0,24
CH5	CH6	0	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	4,90	1,868	9,153	4,7	6,02	15,17
CH6	B10	3	6	0	0	0,49	25x4,2	2,25	3,40	3,422	11,635	4,2	10,63	22,27
I1	I2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	4,60	2,033	9,352	6,0	6,75	16,10
I2	I3	1	2	0	0	0,28	20x3,4	2,06	0,80	3,825	3,060	1,6	3,29	6,35
I3	I4	1	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	1,10	1,868	2,055	2,5	3,20	5,25
I4	I5	0	3	0	0	0,35	20	1,15	0,30	0,785	0,236	0,0	0,00	0,24
I5	I6	0	3	0	0	0,35	25x4,2	1,60	5,80	1,868	10,834	4,7	6,02	16,85
I6	B11	4	7	0	0	0,53	25x4,2	2,45	2,50	3,968	9,920	4,8	14,26	24,18
J1	J2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	2,10	2,033	4,269	6,0	6,75	11,02
J2	J3	1	2	0	0	0,28	25x4,2	0,90	1,10	0,666	0,733	3,2	1,30	2,03
J3	J4	0	2	0	0	0,28	20	1,00	0,30	0,590	0,177	0,0	0,00	0,18
J4	J5	0	2	0	0	0,28	25x4,2	0,90	2,00	0,666	1,332	5,2	2,11	3,44
J5	K5	3	5	0	0	0,45	25x4,2	2,05	5,60	2,945	16,492	5,7	11,98	28,47
K1	K2	1	1	0	0	0,20	20x3,4	1,50	2,90	2,033	5,896	6,0	6,75	12,65
K2	K3	1	2	0	0	0,28	25x4,2	0,90	0,50	0,666	0,333	2,6	1,05	1,39
K3	K4	0	2	0	0	0,28	20	1,00	0,30	0,590	0,177	0,0	0,00	0,18
K4	K5	0	2	0	0	0,28	25x4,2	0,90	14,40	0,666	9,590	13,0	5,24	14,84
K5	B12	5	7	0	0	0,53	25x4,2	2,45	15,90	3,968	63,091	6,1	18,16	81,25

Návrh vodoměrů

Bytový vodoměr

Pro všechny bytové jednotky je navržen bytový vodoměr Enbra EV-AM 2,5.

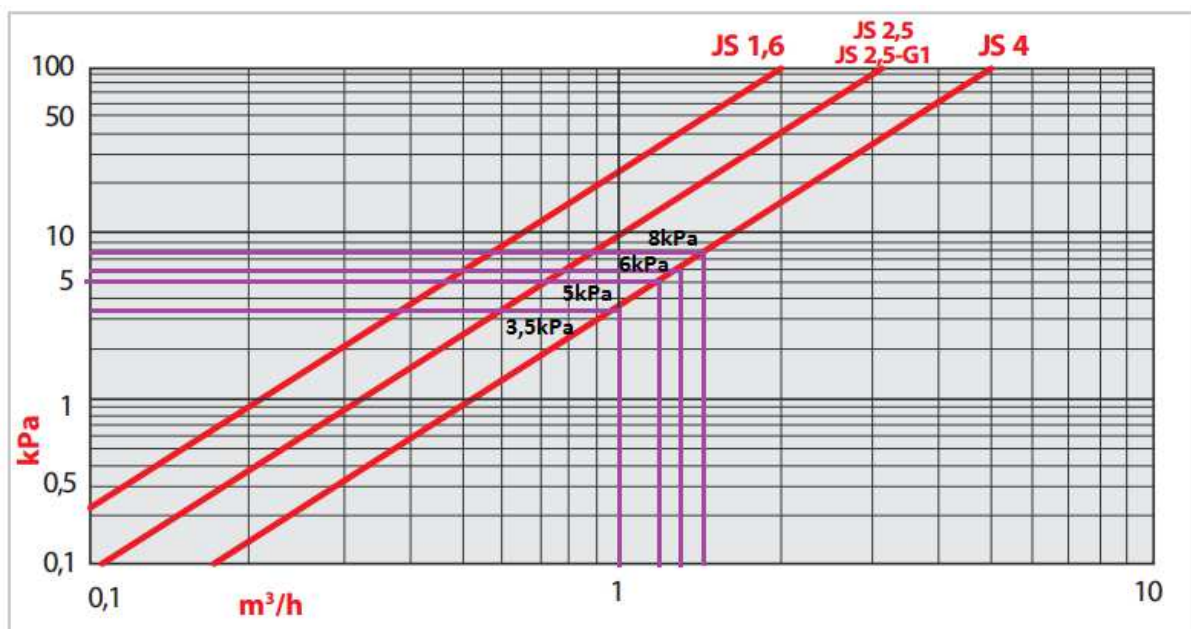
Výpočtové průtoky: $Q_D = 0,45 \text{ l/s} = 1,62 \text{ m}^3/\text{h}$ Tlaková ztráta: 8 kPa

$Q_D = 0,38 \text{ l/s} = 1,37 \text{ m}^3/\text{h}$ 6 kPa

$Q_D = 0,35 \text{ l/s} = 1,26 \text{ m}^3/\text{h}$ 5 kPa

$Q_D = 0,28 \text{ l/s} = 1,01 \text{ m}^3/\text{h}$ 3,5 kPa

Křivka tlakových ztrát



Maximální průtok vodoměru je $4 \text{ m}^3/\text{h}$

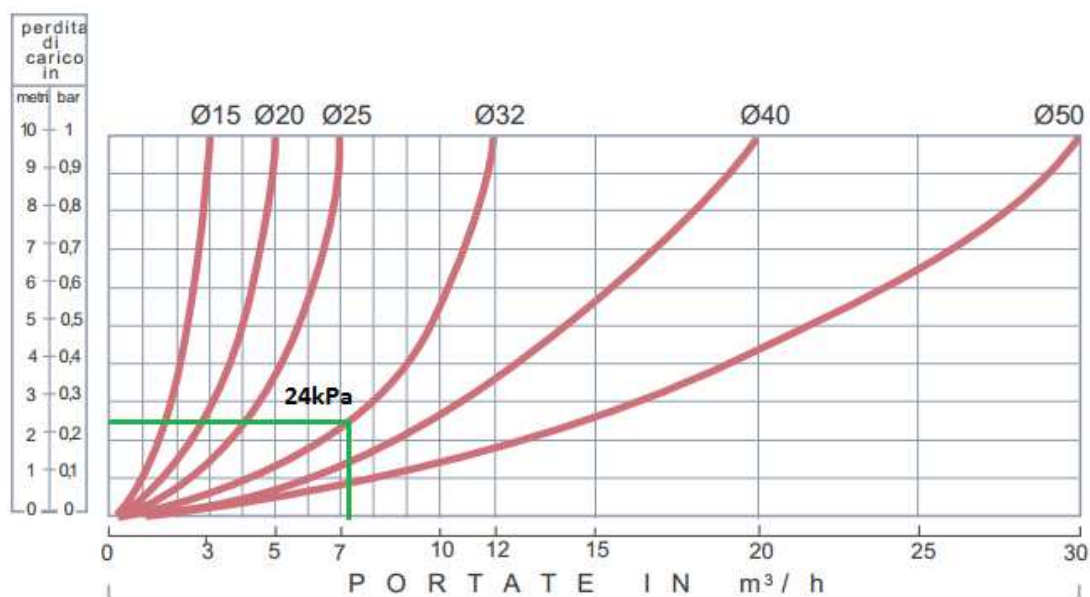
$4 \text{ m}^3/\text{h} > 1,61 \cdot 1,15 = 1,85 \text{ m}^3/\text{h}$

Domovní vodoměr

Je navržen vodoměr Meters Mod.GMB DN 32

Výpočtový průtok je $Q_D = 1,99 \text{ l/s} = 7,17 \text{ m}^3/\text{h}$ s tlakovou ztrátou 24 kPa.

Křivka tlakových ztrát



Maximální průtok vodoměru je 10 m^3/h

$$10 \text{ m}^3/\text{h} > 7,17 \cdot 1,15 = 8,24 \text{ m}^3/\text{h}$$

B.4.4. Hydraulické posouzení

Hydraulické posouzení je provedeno pro nejneprůzračnější tlakovou ztrátu v potrubí dle vztahu:

$$p_{\text{dis}} \geq p_{\text{minFl}} + \Delta p_e + \Delta p_{\text{WM}} + \Delta p_{\text{Ap}} + \Delta p_{\text{přip}} + \Delta p_{\text{vv}}$$

kde

p_{dis} je dispoziční přetlak v místě napojení vodovodní přípojky na vodovodní řád (hodnota daná provozovatelem vodovodu - v rozmezí od 0,45 do 0,55 MPa)

p_{minFl} minimální požadovaný hydrodynamický přetlak u nejvyšší výtokové armatury (100 kPa)

Δp_e hydrostatický přetlak (kPa)

Δp_{WM} tlaková ztráta vodoměru (kPa)

Δp_{Ap} Tlakové ztráty napojených zařízení, např. průtokových ohřivačů vody (kPa)

$\Delta p_{\text{přip}}$ Tlaková ztráta ve vodovodní přípojce a případném přívodním potrubí vnitřního vodovodu vně budovy (kPa)

Δp_{vv} Součet tlakových ztrát třením a místními odpory v potrubí vodovodu uvnitř budovy (kPa)

Hydrostatický přetlak

Hydrostatický přetlak je tlaková ztráta způsobená výškovým rozdílem mezi geodetickou úrovní napojení vodovodní přípojky na řad a nejvýše položenou výtokovou armaturou.

V potrubí vnitřního vodovodu nejsou napojena žádná zařízení, tudíž tlaková $\Delta p_{\text{AP}} = 0$ kPa.

$$\Delta p_e = \frac{h \cdot \rho \cdot g}{1000} = \frac{9,985 \cdot 9,81}{1000} = 86,97 \text{ kPa}$$

$$p_{\text{dis}} \geq p_{\text{minFl}} + \Delta p_e + \Delta p_{\text{WM}} + \Delta p_{\text{AP}} + \Delta p_{\text{přip}} + \Delta p_{\text{vv}}$$

$$450 \geq 100 + 86,97 + 8 + 24 + 0 + 226,09$$

450 kPa \geq 445 kPa - > HYDRAULICKÉ POSOUZENÍ VYHOVUJE

B.4.5. Dimenzování cirkulace teplé vody s nuceným oběhem

Cirkulace teplé vody musí zabezpečit, aby rozdíl teplot mezi výstupem přívodního potrubí z ohřívače a spojením přívodního s cirkulačním potrubím nepřekročil 3K. Výpočtové průtoky cirkulace teplé vody se volí tak, aby byly vyrovnány tepelné ztráty všech úseků potrubí, popřípadě se zvětší s cílem dodržet alespoň nejnížší doporučené rychlosti dle tabulky. Průtoky jednotlivých větví se regulují nastavením armatur.

Druh potrubí	Průtočná rychlost v m/s	
	Nejnižší doporučená	Nejvyšší
Přívodní potrubí	0,5	3
Cirkulační potrubí teplé vody	0,3	1,5

Návrh tloušťky izolace

Pro návrh tloušťky izolace je použit vztah pro výpočet součinitele prostupu tepla. Hodnota součinitele prostupu tepla musí být menší než je určující součinitel prostupu tepla dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Součinitel prostupu tepla

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d - 2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\lambda_e \cdot D}}$$

Tepelná ztráta zaizolovaného potrubí takto navrženou izolací

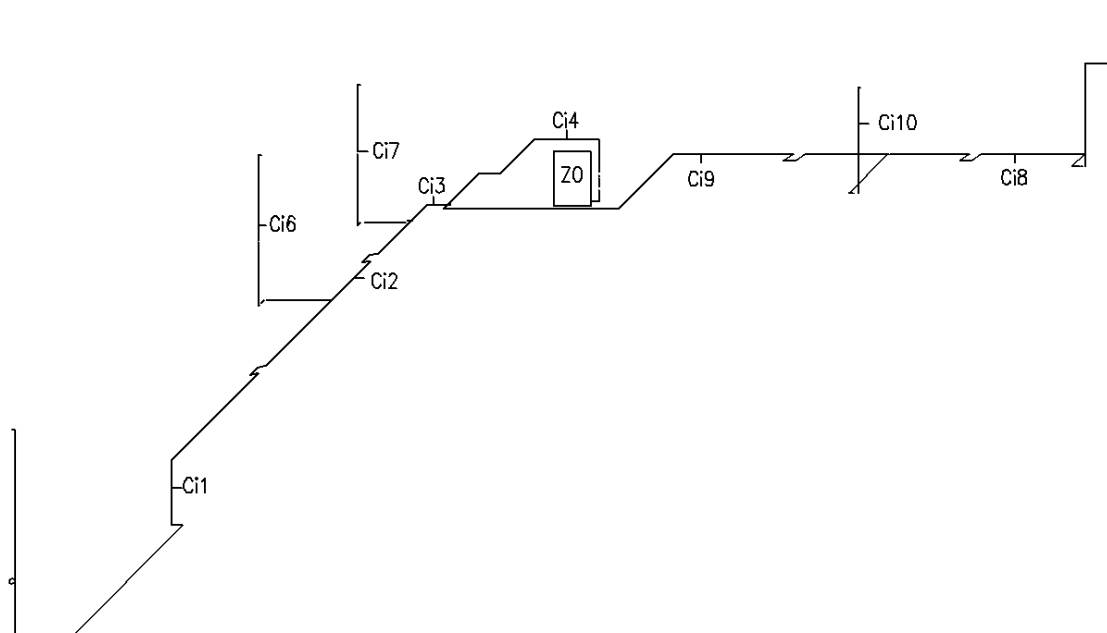
$$q_{ztr} = U_0 \cdot (t_{in} - t_{out})$$

dimenze potrubí (mm)	tl.izolace (m)	λ_t (W/m.K)	d (m)	s_t (m)	λ_{iz} (W/m.K)	D (m)	α_e (W/m ² .K)	U_0 (W/m.K)	U_{0N} (W/m.K)	q_{ztr} (W/m)
20x3,4	0,02	0,22	0,02	0,0034	0,035	0,06	10	0,172	0,18	6
25x4,2	0,03	0,22	0,025	0,0042	0,035	0,085	10	0,16	0,18	5,6
32x5,4	0,04	0,22	0,032	0,0054	0,035	0,112	10	0,159	0,18	5,6
40x6,7	0,04	0,22	0,04	0,0067	0,035	0,12	10	0,18	0,27	6,3
50x8,3	0,04	0,22	0,05	0,0083	0,035	0,13	10	0,205	0,27	7,2

$t_{in} = 55^\circ\text{C}$

$t_{out} = 20^\circ\text{C}$

Schéma cirkulačního potrubí



Tepelná ztráta v jednotlivých úsecích dle schématu:

Úsek	délka (m)	Tepelná ztráta (W/m)	Tepelná ztráta (W)
Ci1	23,2	5,6	129,9
Ci2	3,9	6,3	24,6
Ci3	1,7	7,2	12,2
Ci4	8,3	7,2	59,8
Ci6	7,5	5,6	42,0
Ci7	6,4	5,6	35,8
Ci8	8,1	5,6	45,4
Ci9	11,7	5,6	65,5
Ci10	2,1	5,6	11,8
		Σ	427,0

Cirkulační potrubí navrženo dle ČSN 75 5455.

Výpočtový průtok cirkulace teplé vody Q_c v úseku Ci4 je stanoven dle vztahu:

$$Q_c = \sum_{i=1}^m \frac{q_{ti} \cdot l_i}{c_i \cdot \rho_i \cdot \Delta t_i} = \frac{427}{4122 \cdot 3} = 0,0345 \text{ l/s}$$

Průtoky v dalších úsecích se určí:

$$Q_a = Q \cdot \frac{q_a}{q_a + q_b}$$

$$Q_b = Q - Q_a$$

Úsek		d _a x s (mm)	q (W/m)	Tlízolace (mm)	Tepelná ztráta (W)	Dle tepelné ztráty		Dle min. rychlostí		l (m)	R (kPa/m)	I . R (kPa)	Σ ζ	Δp _f	I . R + Δp _f	Tlakový rozdíl ztrát okruhů (kPa)
od	do					Q _c (l/s)	v (m/s)	Q _c (l/s)	v (m/s)							
B13	B12	40x6,7	6,3	40	33	0,0345	≤0,1	1,1	2	5,3	1,494	7,918	6,7	13,400	21,318	
B12	B11	40x6,7	6,3	40	12	0,0173	≤0,1	0,3	0,5	1,9	0,096	0,182	7,9	0,988	1,170	
B11	B10	40x6,7	6,3	40	25	0,0091	≤0,1	0,3	0,5	3,9	0,096	0,374	6,2	0,775	1,149	
B10	B9	32x5,4	5,6	40	63	0,0046	≤0,1	0,3	0,7	11,3	0,285	3,221	5,2	1,274	4,495	
B9	B8	32x5,4	5,6	40	2	0,0023	≤0,1	0,3	0,7	0,4	0,285	0,114	0,0	0,000	0,114	
B8	B7	32x5,4	5,6	40	36	0,0011	≤0,1	0,3	0,7	6,5	0,285	1,853	0,2	0,049	1,902	
B7	Ci1	25x4,2	5,6	30	19	0,0011	≤0,1	0,3	1,2	3,4	0,935	3,179	1,0	0,720	3,899	
Ci1	Ci2	32x5,4	-	40	-	0,0011	≤0,1	0,3	0,8	23,2	0,423	9,814	11,7	3,744	13,558	
Ci2	Ci3	40x6,7	-	40	-	0,0091	≤0,1	0,6	1,1	3,9	0,491	1,915	1,0	0,605	2,520	
Ci3	Ci4	50x8,4	-	40	-	0,0173	≤0,1	0,9	1	1,7	0,384	0,653	4,0	2,000	2,653	
Ci4	Ci5	50x8,4	-	40	-	0,0345	≤0,1	1,1	1,3	8,3	0,504	4,183	11,0	9,295	13,478	
Tlaková ztráta daného okruhu															66,255	0,000
B13	B12	40x6,7	6,3	40	33	0,0345	≤0,1	1,1	2	5,3	1,494	7,918	6,7	13,400	21,318	
B12	B11	40x6,7	6,3	40	12	0,0173	≤0,1	0,3	0,5	1,9	0,096	0,182	7,9	0,988	1,170	
B11	B10	40x6,7	6,3	40	25	0,0091	≤0,1	0,3	0,5	3,9	0,096	0,374	6,2	0,775	1,149	
B10	CH6	25x4,2	5,6	30	19	0,0046	≤0,1	0,3	1,2	3,4	0,935	3,179	4,2	3,024	6,203	
CH6	Ci6	25x4,2	5,6	30	27	0,0046	≤0,1	0,3	1,2	4,9	0,935	4,582	1,0	0,720	5,302	
Ci6	Ci2	25x4,2	-	30	-	0,0046	≤0,1	0,3	1,2	7,5	0,935	7,013	5,8	4,176	11,189	
Ci2	Ci3	40x6,7	-	40	-	0,0091	≤0,1	0,6	1,1	3,9	0,491	1,915	1,0	0,605	2,520	
Ci3	Ci4	50x8,4	-	40	-	0,0173	≤0,1	0,9	1	1,7	0,384	0,653	4,0	2,000	2,653	
Ci4	Ci5	50x8,4	-	40	-	0,0345	≤0,1	1,1	1,3	8,3	0,504	4,183	11,0	9,295	13,478	
Tlaková ztráta daného okruhu															64,981	1,274
B13	B12	40x6,7	6,3	40	33	0,0345	≤0,1	1,1	2	5,3	1,494	7,918	6,7	13,400	21,318	
B12	B11	40x6,7	6,3	40	12	0,0183	≤0,1	0,3	0,5	1,9	0,096	0,182	7,9	0,988	1,170	
B11	I6	25x4,2	5,6	30	14	0,0091	≤0,1	0,3	1,2	2,5	0,935	2,338	4,8	3,420	5,758	
I6	Ci7	25x4,2	5,6	30	6	0,0091	≤0,1	0,3	1,2	1,1	0,935	1,029	1,0	0,720	1,749	
Ci7	Ci3	25x4,2	-	30	-	0,0091	≤0,1	0,3	1,2	6,4	0,935	5,984	5,8	4,176	10,160	
Ci3	Ci4	50x8,4	-	40	-	0,0183	≤0,1	0,9	1	1,7	0,384	0,653	4,0	2,000	2,653	
Ci4	Ci5	50x8,4	-	40	-	0,0345	≤0,1	1,1	1,3	8,3	0,504	4,183	11,0	9,295	13,478	
Tlaková ztráta daného okruhu															56,285	9,970
B13	B13	40x6,7	6,3	40	33	0,0345	≤0,1	1,1	2	5,3	1,494	7,918	6,7	13,400	21,318	
B12	K5	25x4,2	5,6	30	67	0,0173	≤0,1	0,1	0,5	11,9	0,193	2,297	6,1	0,756	3,053	
K5	Ci8	25x4,2	5,6	30	46	0,0173	≤0,1	0,1	0,5	8,2	0,193	1,583	8,7	1,088	2,670	
Ci8	Ci9	25x3,5	-	30	-	0,0173	≤0,1	0,1	0,5	8,1	0,193	1,563	8,8	1,100	2,663	
Ci9	Ci4	25x3,5	-	40	-	0,0173	≤0,1	0,2	0,8	11,7	0,450	5,265	4,0	1,280	6,545	
Ci4	Ci5	50x8,4	-	40	-	0,0345	≤0,1	1,1	1,3	8,3	0,504	4,183	11,0	9,295	13,478	
Tlaková ztráta daného okruhu															49,728	16,527
B13	B12	40x6,7	6,3	40	33	0,0345	≤0,1	1,1	2	5,3	1,494	7,916	6,7	13,400	21,316	
B12	K5	25x4,2	5,6	30	67	0,0173	≤0,1	0,1	0,5	11,9	0,193	2,297	6,1	0,756	3,053	
K5	Ci10	25x4,2	5,6	30	31	0,0173	≤0,1	0,1	0,5	5,6	0,193	1,081	4,0	0,500	1,581	
Ci10	Ci9	25x3,5	-	30	-	0,0173	≤0,1	0,1	0,5	2,1	0,193	0,405	5,8	0,725	1,130	
Ci9	Ci4	25x3,5	-	40	-	0,0173	≤0,1	0,2	0,8	11,7	0,450	5,265	4,0	1,280	6,545	
Ci4	Ci5	50x8,4	-	40	-	0,0345	≤0,1	1,1	1,3	8,3	0,504	4,183	11,0	9,295	13,478	
Tlaková ztráta daného okruhu															47,103	19,152

Rozdíl mezi tlakovými ztrátami okruhů se odstraní tlakovou ztrátou, jež se nastaví na regulační armaturu umístěné na patě stoupacích potrubí.

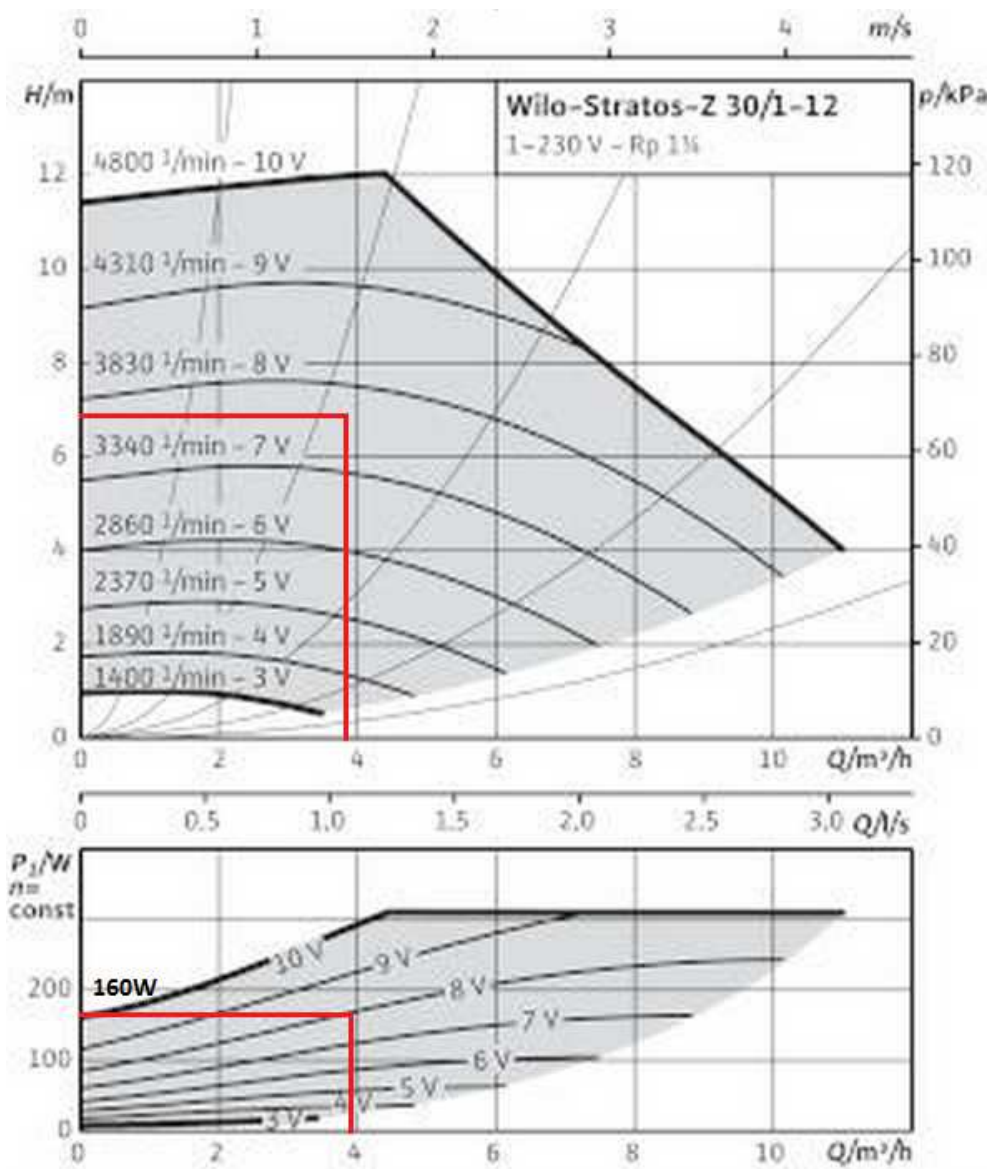
Návrh cirkulačního čerpadla

Nejmenší dopravní výška cirkulačního čerpadla

$$H = \frac{1000 \cdot \Delta p_{RF}}{\rho \cdot g} = \frac{1000 \cdot 66,26}{986 \cdot 9,81} = 6,85 \text{ m}$$

Při průtoku Q_c = 1,1 l/s = 3,96 m³/h musí mít cirkulační čerpadlo H ≥ 6,85 m.

Na cirkulační potrubí je navrženo oběhové čerpadlo Wilo-Stratos-Z 30/8V



B.5. Ideové řešení navazujících profesí

B.7.1. Vytápění

Zdrojem tepla pro azylový dům bude kaskádové zapojení plynových kotlů umístěných v technické místnosti. Zemní plyn pro spalování budou odebírat ze stávající plynovodní přípojky. Otopná soustava bude teplovodní dvoutrubková s otopnými deskovými tělesy Korado do hygienického zázemí budou použity žebříkový otopná tělesa Korado. Materiálem potrubních rozvodů budou ocelové trubky.

B.7.2. Vzduchotechnika

Azylový dům bude větrán přirozeným větráním infiltrací oken. Hygienické zázemí a digestoře kuchyně budou větrány podtlakově přes odtahové ventilátory na střechu. Rozvody VZT budou vedeny v šachtách k tomu určených. Materiál vzduchotechnického potrubí bude z pozinkovaného plechu.

B.7.3. Plynové instalace

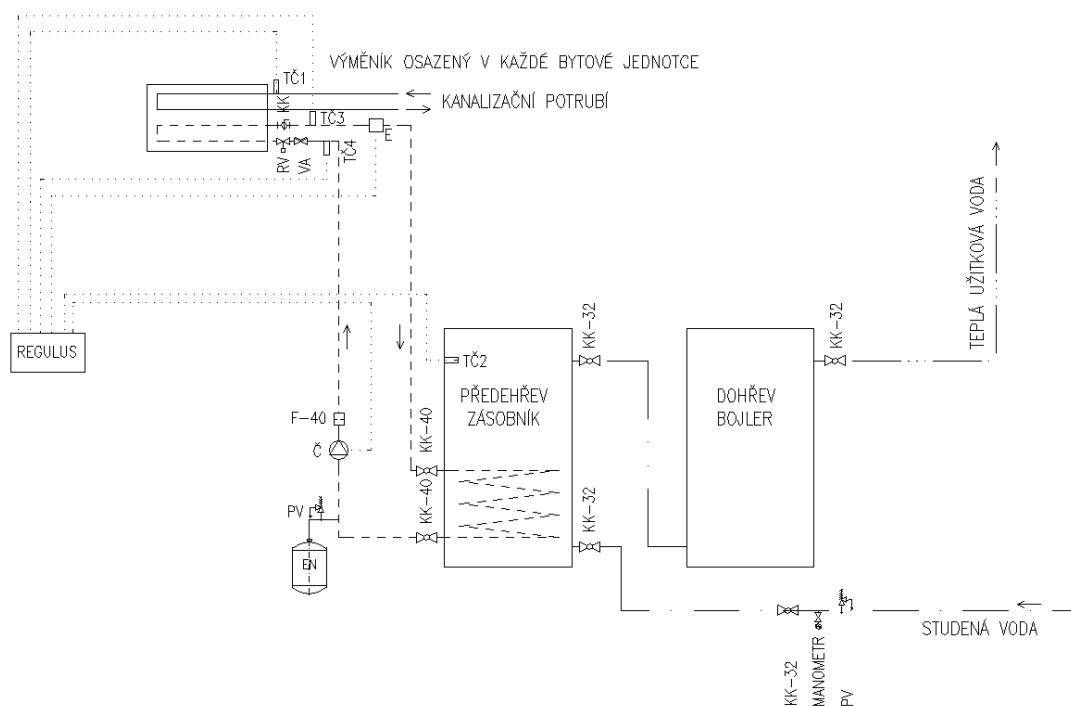
Plynovodní přípojka NTL je vedena od veřejného plynovodního řadu po hlavní uzavěr plynu umístěného ve skříni v objektu. Odtud je domovní plynovod přiveden do objektu. V objektu je navrženo kaskádové zapojení plynových kotlů, ke kterým je potrubí plynovodu přivedeno. Uvnitř budovy je použito ocelové potrubí, mimo budovu plastové potrubí HDPE.

C.TECHNICKÉ ŘEŠENÍ NÁVRHU, PROVOZU A ŘÍZENÍ REKUPERAČNÍHO VÝMĚNÍKU

C.1. Provoz a řízení výměníků

Regulace systému využití energie odpadních vod probíhá pomocí regulátoru od firmy Regulus. U každého výměníku v bytové jednotce jsou na regulátor napojeny tři teplotní čidla, a jeden elektroventil, dále je napojeno čidlo v zásobníku přehřívání a čerpadlo. Čerpadlo je řízeno konstantním diferenčním tlakem pro všechny výměníky v systému. Teplotní čidlo 1 je osazeno před výměníkem na kanalizačním potrubí, kde snímá teplotu vody na vstupu. Teplotní čidlo 2 je osazeno v zásobníku přehřívání vody ohřívané pomocí výměníku pro snímání teploty vody. Teplotní čidlo 3 je osazeno na vstupu potrubního okruhu před každým výměníkem a teplotní čidlo 4 na výstupu. Elektroventil je osazen na výstupu potrubního okruhu za každým výměníkem. Pokud regulátor zaznamená nižší teplotu TČ1 než v TČ2, elektroventil přeruší průtok vody v potrubním okruhu u daného výměníku, z důvodů neochlazování vody v zásobníku. Zaznamenáním teploty nižší v TČ1 než 20°C dochází pomocí elektroventilu k vypnutí systému z důvodů možného ohřátí potrubí okolní teplotou při nulovém průtoku v kanalizačním potrubí. TČ3 a TČ4 zaznamenává změnu teploty na vstupu a výstupu vody, pokud teplotní spád poklesne pod 1°C, nedochází k přenosu tepla, tudíž systém se pomocí elektroventilu vypíná. Pokud dojde k vypnutí všech elektroventilů v systému, tak se zároveň přeruší i chod čerpadla.

Schéma zapojení a regulace využití energie z odpadních vod



C.1.1.Návrh regulátoru a příslušenství

Pro daný systém je zvolen inteligentní regulátor IR12 od firmy Regulus. Regulátor v základní sestavě obsahuje 13 vstupů pro čidla teploty a 12 výstupních relé. Regulátor je schopný se flexibilně rozšiřovat a méně časté funkce jsou realizovány pomocí přídavných modulů.

Přednost regulátoru:

- Inteligentní regulace pro maximální využití obnovitelných zdrojů energie
- Jednoduché ovládání
- Snadné nastavování regulátoru ve webovém prohlížeči
- Ovládání a informace odkudkoli přes internet, komunikace přes sms a email



Obr. 39 Regulátor a ukázka menu regulátoru

Teplotní čidla

Teplotní čidlo do zásobníku

Navrženo termistorové teplotní čidlo T7335B. Toto teplotní čidlo je určeno pro zasunutí do zásobníku. Tato čidla mají v porovnání s čidly montovanými na potrubí delší dobu odezvy na změnu teploty, ale na druhé straně poskytují vyšší izolační odpor. Čidla jsou vyrobena z měděné trubky, uvnitř které je umístěn NTC rezistor elektricky spojený s přívodním kabelem.

Teplotní čidlo na potrubí

Pro zjišťování teploty před a za výměníkem jsou navrženy termistorové teplotní čidla na potrubí T7335D. Výhodou těchto čidel je jejich snadná montáž a demontáž. Tato čidla nevyžadují žádnou speciální úpravu potrubí před jejich montáží. Při jejich demontáži není

nutné vypouštění topného systému. Odezva na změnu teploty u těchto čidel je srovnatelná s teplotním čidlem určeným na přímou montáž do potrubí. Pouze teplotní odchylka je vyšší. Čidlo je konstruováno jako plastový kryt s tenkou vrstvou kovového materiálu, na kterém je napařen NTC rezistor.



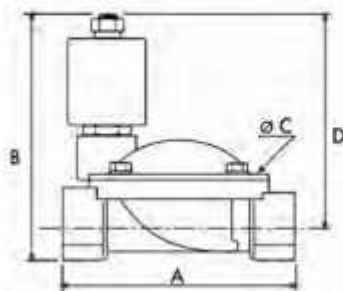
Obr. 40 Teplotní čidlo do zásobníku a na potrubí

Uzavírací elektromagnetický ventil

Elektroventily jsou ventily přímo ovládané, pro dvupolohové ovládání průtoku kapalných médií. Ventily jsou opatřeny pryžovou membránou, která je zavěšena na pohyblivém jádru elektromagnetu. Ovládacím prvkem ventilu je elektromagnet. Přivedením napájecího napětí na cívku elektromagnetu je ovládána funkce ventilu, otevření nebo uzavření průtoku média. V poloze (bez proudu) je ventil otevřen (funkce NO).

Na výstupu potrubního okruhu z výměníku je osazen uzavírací elektromagnetický ventil IVAR.EV 306 NO.

TECHNICKÝ NÁKRES A ROZMĚRY



Kód	Typ	Rozměr	Ø mm	h _v mm	AC bar	DC bar	A mm	B mm	C mm	D mm	Hmotnost g	Napětí
00306021	IVAR.EV306NO	1/2"	12	2,10	10	10	61	95	48	83	550	230 V
00306035	IVAR.EV306NO	3/4"	20	5,70	10	10	87	107	69	91	850	230 V
00306111	IVAR.EV306NO	1"	25	9,60	10	10	100	113	80	93	1100	230 V

Technické charakteristiky:

- minimální pracovní tlak: 0,3 bar

Materiálové provedení:

KOMPONENTY V KONTAKTU S MĚDIEM:

Těsnění:	NBR, na objednávku možno FPM - EPDM EPDM - KTW schválený materiál pro těsnění, certifikát DVGW na pitnou vodu
Těleso:	mosaz
Vnitřní části:	nerez ocel
Médium:	voda - vzduch - lehké oleje

JEDNOCESTNÝ VÝKONNÝ VENTIL

Prislušenství ventilu:	třípólový konektor dle ISO 4400 (DIN 43650A)-IP65
Montážní poloha:	jakákoliv, nedoporučuje se poloha s elektromagnetem směrem dolů
Teplota prostředí:	max. 80 °C

C.2. Tepelný výpočet výměníku

Uvažovaný materiál uvnitř výměníku je měď, dimenze kanalizačního potrubí na vstupu do výměníku je 42x1,6mm a dimenze potrubí vody na vstupu a uvnitř výměníku je 22x1mm. Výpočet vychází z hodnot, která udává výrobce malého koupelnového výměníku tepla.

Tepelný výkon předaný zahřívané látce

Objemová hmotnost vody $\rho = 997,15 \text{ kg/m}^3$

Rychlost proudění $v = 0,4 \text{ m/s}$

Průtočná plocha $S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0,01^2 = 0,000314 \text{ m}^2$

Hmotnostní průtok na sekundární straně-voda

$M_2 = S \cdot \rho \cdot v = 0,000314 \cdot 997,15 \cdot 0,4 = 0,13 \text{ kg/s}$

Teplota ohřívané látky na vstupu do výměníku $t_{21} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Teplota ohřívané látky na výstupu z výměníku $t_{22} = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ -> udávaná teplota výrobcem výměníku

Měrná tepelná kapacita sekundární strany $c_2 = 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Tepelný výkon

$Q = M_2 \cdot c_2 \cdot (t_{22} - t_{21}) = 0,13 \cdot 4,18 \cdot (22 - 10) = \mathbf{6,28 \text{ kW}}$

Tepelný výkon předaný látkou zahřívací

Objemová hmotnost vody $\rho = 994 \text{ kg/m}^3$

Rychlost proudění $v = 0,4 \text{ m/s}$

Průtočná plocha $S = 0,000314 \text{ m}^2$

Hmotnostní průtok na sekundární straně-voda

$M_2 = S \cdot \rho \cdot v = 0,000314 \cdot 994 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ kg/s}$

Teplota ohřívací látky na vstupu do výměníku $t_{11} = 38 \text{ }^\circ\text{C}$

Měrná tepelná kapacita sekundární strany $c_2 = 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Tepelný výkon – shodný s tepelným výkonem předaným látce zahřívací

$$Q = M_1 \cdot c_1 \cdot (t_{11} - t_{12}) = 0,12 \cdot 4,18 \cdot (38 - t_{12}) = 6,28 \text{ kW}$$

Teplota ohřívací látky na výstupu z výměníku $t_{12} = 26^\circ \text{C}$

Součinitel přestupu tepla na straně kanalizace

Určující teplota

$$t_u = 0,5 \cdot (t_{11} + t_{12}) = 0,5 \cdot (38 + 26) = 32^\circ \text{C}$$

Dle určující teploty se určí:

Tepelná vodivost $\lambda = 0,6264 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

Kinematická viskozita $\nu = 0,7136 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Prandtlovo číslo $Pr = 4,736$

Vnitřní průměr potrubí $d_i = 0,02 \text{ m}$

Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{v \cdot d_i}{\nu} = \frac{0,4 \cdot 0,02}{0,7136 \cdot 10^{-6}} = 11210 > 2340 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

Nusseltovo kritérium

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^n = 0,023 \cdot 11210^{0,8} \cdot 4,74^{0,3} = 63,69$$

Pro ohřev trubky $n=0,4$

Pro chlazení trubky $n=0,3$

Součinitel přestupu tepla na straně vody

$$\alpha_e = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_i} = \frac{63,69 \cdot 0,63}{0,02} = 1994,72 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Součinitel přestupu tepla na straně vody

Určující teplota

$$t_u = 0,5 \cdot (t_{21} + t_{22}) = 0,5 \cdot (10 + 22) = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dle určující teploty se určí:

Tepeľná vodivost $\lambda = 0,6 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

Kinematická viskozita $\nu = 0,1075 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Prandtlovo číslo $Pr = 7,53$

Vnitřní průměr potrubí $d_i = 0,02 \text{ m}$

Reynoldsovo číslo

$$Re = \frac{v \cdot d_i}{\nu} = \frac{0,4 \cdot 0,02}{0,1075 \cdot 10^{-5}} = 7441,86 > 2340 \rightarrow \text{turbulentní proudění}$$

Nusseltovo kritérium

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^n = 0,023 \cdot 7441,86^{0,8} \cdot 7,53^{0,4} = 64,53$$

Pro ohřev trubky $n=0,4$

Pro chlazení trubky $n=0,3$

Součinitel přestupu tepla na straně vody

$$\alpha_i = \frac{Nu \cdot \lambda}{d_i} = \frac{64,54 \cdot 0,6}{0,02} = \mathbf{1932,55 \frac{W}{m^2} \cdot K}$$

Součinitel prostupu tepla na délku trubky 1m

Hodnota součinitel prostupu tepla na délku 1m trubky byla dána od výrobce $k_L = 60 \text{ W/m.K}$. Níže uveden přesný výpočet součinitele prostupu tepla na délku 1m k_L .

Součinitel přestupu tepla na straně vody $\alpha_1 = 1994,72 \text{ W/m.K}$

Součinitel přestupu tepla na straně kanalizace $\alpha_2 = 1932,55 \text{ W/m.K}$

Vnitřní průměr potrubí $d_1 = 0,02 \text{ m}$

Vnější průměr potrubí

$$d_2=0,022\text{m}$$

Součinitel tepelné vodivosti měděné trubky

$$\lambda_v=372\text{W/m.K}$$

Součinitel prostupu tepla

$$k_L = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}} = \frac{\pi}{\frac{1}{1994,72 \cdot 0,02} + \frac{1}{2 \cdot 372} \cdot \ln \frac{0,022}{0,02} + \frac{1}{1932,55 \cdot 0,022}}$$
$$= 64,46 \frac{\text{W}}{\text{m}} \cdot \text{K}$$

→ *Srovnatelná hodnota s hodnotou danou výrobcem*

Teplosměnná výhřevná délka

Tepelný výkon

$$Q=6,28 \text{ kW}$$

Střední logaritmický teplotní spád

$$\Delta t = \frac{(t_{11} - t_{22}) - (t_{12} - t_{21})}{\ln \frac{(t_{11} - t_{22})}{(t_{12} - t_{21})}} = \frac{(38 - 22) - (26 - 10)}{\ln \frac{(38 - 22)}{(26 - 10)}} = 16^\circ\text{C}$$

Teplosměnná výhřevná délka

$$Q = k_L \cdot L_c \cdot \Delta t \Rightarrow L_c = \frac{Q}{k_L \cdot \Delta t} = \frac{6280}{64,46 \cdot 16} = 6,1\text{m}$$

C.2.1.Dimensování armatur na potrubí výměníku

Dimenzování regulačního ventilu

Výkon výměníku $Q = 6300 \text{ W}$

Teplota přívodu do výměníku $t_v = 10^\circ\text{C}$

Teplota vratu z výměníku $t_R = 22^\circ\text{C}$

Tlakový rozdíl ve výměníku $\Delta p_L = 5 \text{ kPa}$

$$q_S = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot (t_R - t_v)} = 3600 \cdot \frac{6,3}{4,19 \cdot (22 - 10)} = 451 \text{ l/h}$$

Požadavek: $\Delta p_v \geq \Delta p_L$ Tlakový rozdíl na regulačním ventilu musí být větší nebo roven tlakovému rozdílu na výměníku.

Výpočet teoretické hodnoty k_v regulačního ventilu

$$k_{v,theo} = \frac{q_s}{100 \cdot \sqrt{\Delta p_{v,min}}} = \frac{451}{100 \cdot \sqrt{10}} = 1,43$$

Minimální tlakový rozdíl regulačního ventilu $\Delta p_{v,min} = 10 \text{ kPa}$

Tlakový rozdíl na regulačním ventilu

Při $kvs = 1,7$; DN 15

$$\Delta p_v = \left(\frac{q_s}{100 \cdot Kvs} \right)^2 = \left(\frac{451}{100 \cdot 1,7} \right)^2 = 7,03 \text{ kPa}$$

$$\Delta p_v \geq \Delta p_L$$

$$7,03 \text{ kPa} \geq 5 \text{ kPa}$$

Požadavek je splněn

Navržen regulační ventil Hycococon HTZ s přednastavením DN 15

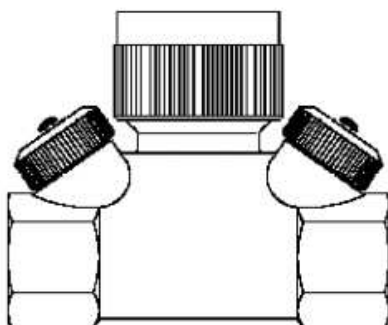


**Regulační ventil "Hycocon HTZ", s přednastavením
DN15, oboustr.vnit.záv.1/2", měř.a vypoušt.ventil**

Popis

OVENTROP-Regulační ventil „Hycocon HTZ“

oboustranně vnitřní závit dle EN 1026, - 10 °C až 120 °C, nevhodné pro páru, max. diferenční tlak 5 bar. Přímé provedení sedla s přednastavením, hlava z mosazi, těleso z mosazi odolné proti odzinkování (Ms-EZB), těsnění vřetene dvojitém O-kroužkem nevyžaduje údržbu, všechny funkční prvky jsou umístěny na jedné straně, dva integrované měřicí a vypouštěcí ventily a uzavírací krytkou, použit je možné v přívodu i ve zpátečce.



Závitové připojení M 30 x 1,5, vhodné pro montáž termostátů (např. „Uni XH“), servopohonů (např. elektromotorický servopohon „Uni EIB/LON“). Za provozu je možné provádět přestavbu. Je k dispozici jako příslušenství samostatná izolace pro teplotu do 120 °C .

Materiál: mosaz

Hodnota kvs: 1,7

Jmenovitá světlost: DN 15

Maximální diferenční tlak: 5 bar

Maximální provozní tlak: PN 16

Minimální provozní teplota: -10 °C

Maximální provozní teplota: 120 °C

Č. výrobku: 1068564

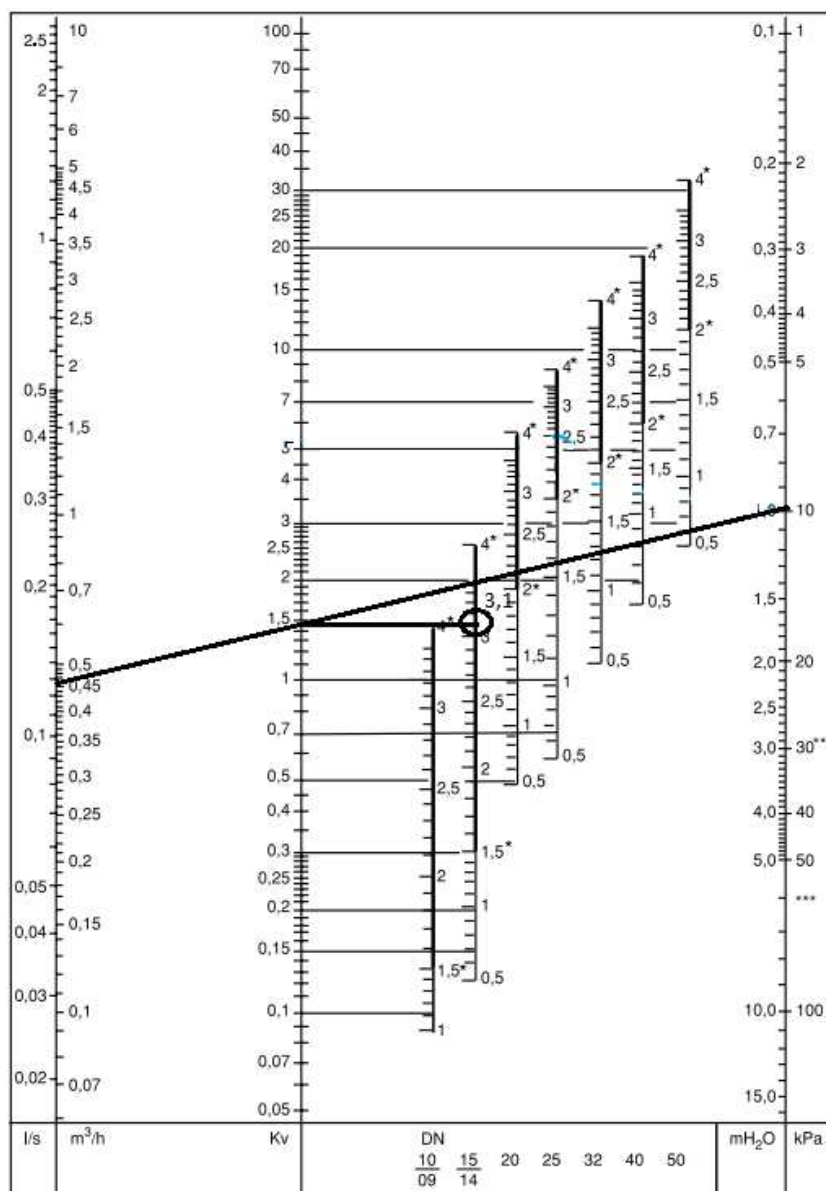
Kód - EAN: 4026755264920

Dimenzování vyvažovacího ventilu

Vyvažovací ventil je navržen dle diagramu od výrobce.

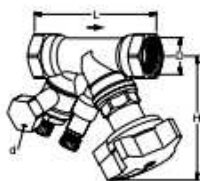
Tlaková ztráta ventilu 10kPa

Průtok vody 0,45l/s



Výsledná hodnota Kv = 1,5 s požadovaným nastavením 3,1 otáčky DN 15

Navržen vyvažovací ventil STAD DN 15.

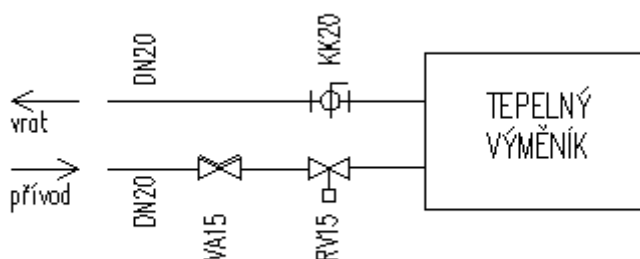


Vnitřní závit

Závity dle ISO 228. Délka závitů dle ISO 7/1.
S vypouštěním

DN	D	L	H	Kvs	Kg	Objednací č.
d = G1/2						
10/09	G3/8	83	100	1,47	0,65	52 151-209*
15/14	G1/2	90	100	2,52	0,68	52 151-214*
20	G3/4	97	100	5,70	0,77	52 151-220*
25	G1	110	105	8,70	0,93	52 151-225
32	G1 1/4	124	110	14,2	1,3	52 151-232
40	G1 1/2	130	120	19,2	1,6	52 151-240
50	G2	155	120	33,0	2,4	52 151-250
d = G3/4						
10/09	G3/8	83	100	1,47	0,65	52 151-609*
15/14	G1/2	90	100	2,52	0,68	52 151-614*
20	G3/4	97	100	5,70	0,77	52 151-620*
25	G1	110	105	8,70	0,93	52 151-625
32	G1 1/4	124	110	14,2	1,3	52 151-632
40	G1 1/2	130	120	19,2	1,6	52 151-640
50	G2	155	120	33,0	2,4	52 151-650

Schéma zapojení tepelného výměníku



Návrh expanzní nádoby

Návrh expanzní nádoby proveden dle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – zabezpečovací zařízení.

Objem expanzní tlakové nádoby (l)

Manometrická rovina 1,5 m nad podlahou.

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta}$$

Kde V_o objem vody v celé soustavě (l)

n součinitel zvětšení objemu (dle tabulky součinitel n) (-)

η stupeň využití expanzní nádoby (-)

Stupeň využití expanzní nádoby (-)

$$\eta = \frac{p_{h,dov,A} - p_{d,A}}{p_{h,dov,A}} = \frac{300 - 158,86}{300} = 0,47$$

Kde $p_{h,dov,A}$ nejvyšší dovolený absolutní tlak = otevírací absolutní tlak pojistného ventilu (kPa)

$p_{d,A}$ hydrostatický absolutní tlak (kPa)

$p_{h,dov,A} \leq p_k - \rho \cdot g \cdot h_{MR} \cdot 10^{-3} = 400 - 1000 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 341,14 \text{ kPa} \rightarrow$
volím otevírací přetlak 300kPa

p_k je minimální konstrukční přetlak jednotlivých prvků soustavy, vztažených k manometrické rovině

Hydrostatický absolutní tlak

$$p_{d,A} = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3} + p_B = 1000 \cdot 9,81 \cdot 6 \cdot 10^{-3} + 100 = 158,86 \text{ kPa}$$

Kde ρ hustota vody (kg/m^3)

g tíhové zrychlení (m/s^2)

h výška vodního sloupce na EN (m)

p_B barometrický tlak (kPa)

Tabulka se součinitelem n

$\Delta t = t_{max} - 10 \text{ [K]}$	20	30	40	45	50	55	60	65	70
$n [-]$	0,00401	0,00749	0,01169	0,01413	0,01672	0,01949	0,02243	0,02551	0,02863
$\Delta t = t_{max} - 10 \text{ [K]}$	75	80	85	90	95	100	105	110	115
$n [-]$	0,03198	0,03553	0,03916	0,04313	0,04704	0,05112	0,05529	0,05991	0,06435

$$V_{et} = 1,3 \cdot V_o \cdot n \cdot \frac{1}{\eta} = 1,3 \cdot 0,3 \cdot 0,014 \cdot \frac{1}{0,47} = 0,01 \text{ m}^3$$

Je navržena expanzní nádoba o objemu 12l HS012.

Návrh pojistného ventilu

Návrh pojistného ventilu proveden dle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – zabezpečovací zařízení.

Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} = 10 + 0,6 \cdot 81,6^{0,5} = 15,4 \text{ mm} \rightarrow \text{navrženo potrubí DN20}$$

Otevírací tlak 300kPa výtokový součinitel 0,565

Označení Typ DUCO	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez [mm ²]	Zaručený výtokový součinitel α_v [-]	Otevírací tlak p_o [kPa] Při p_o do 300 kPa tolerance $\pm 10\%$ Při p_o nad 300 kPa tolerance $\pm 30\%$
Pro topení:				
1/2" x 1/2"	15	113	0,444	200; 250; 300
3/4" x 3/4"	20	176	0,565	200; 250; 300
1/2" x 3/4"	15	113	0,444	150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
3/4" x 1"	20	176	0,565	100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1" x 1 1/4"	25	380	0,684	50; 100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1 1/4" x 1 1/2"	32	804	0,693	100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1 1/2" x 2"	40	1017	0,549	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
2" x 2 1/2"	50	1589	0,576	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1/2" x 3/4" M	15	113	0,444	250

Průřez sedla pojistného ventilu (mm²)

$$A_0 = \frac{Q_p}{\alpha_v \cdot K} = \frac{81,6}{0,565 \cdot 1,26} = 114,6 \text{ mm}^2$$

Kde Q_p pojistný výkon (kW)

α_v výtokový součinitel pojistného ventilu (-)

K konstanta závislá na stavu syté vodní páry při přetlaku p_{ot} (kW/mm²)

Tabulka s konstantou K

p [kPa]	K [kW/mm ²]
180	0,91
200	0,97
250	1,12
300	1,26
350	1,41

Ideální průměr sedla pojistného ventilu (mm)

$$d_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{A_o}{\pi}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{114,6}{\pi}} = 12,08 \text{ mm}$$

Průměr sedla skutečného pojistného ventilu (mm)

$$d_0 = a \cdot d_i = 1,34 \cdot 12,08 = 16,1 \text{ mm}$$

Výtokový součinitel α_v	0,08	0,1	0,14	0,2	0,28	0,4	0,56	0,8
Součinitel zvětšení sedla a	3,54	3,16	2,67	2,24	1,89	1,58	1,34	1,12

Vstupní a výstupní pojistné potrubí

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot Q_p^{0,5} = 15 + 1,4 \cdot 81,6^{0,5} = 27,6 \text{ mm} \rightarrow \text{návrh DN 32}$$

Označení Typ DUCO	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez [mm²]	Zaručený výtokový součinitel α_w [-]	Otevírací tlak p_o [kPa] Při p_o do 300 kPa tolerance $\pm 10\%$ Při p_o nad 300 kPa tolerance ± 30 kPa
Pro topení:				
1/2" x 1/2"	15	113	0,444	200; 250; 300
3/4" x 3/4"	20	176	0,565	200; 250; 300
1/2" x 3/4"	15	113	0,444	150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
3/4" x 1"	20	176	0,565	100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1" x 1 1/4"	25	380	0,684	50; 100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1 1/4" x 1 1/2"	32	804	0,693	100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1 1/2" x 2"	40	1017	0,549	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
2" x 2 1/2"	50	1589	0,576	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550
1/2" x 3/4" M	15	113	0,444	250

Navržen pojistný ventil DN 32, otevírací přetlak 300 kPa.

C.2.2.Návrh oběhového čerpadla k výměníkům

Tlaková ztráta třením

Vznikají v celém průtočném průřezu a na celé délce potrubí

$$R \cdot l = \Delta p_\lambda = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho$$

Kde R je měrná ztráta třením v Pa/m

l délka potrubí v m

w rychlost proudění vody v potrubí v m/s

d vnitřní profil potrubí v m

ρ hustota vody v kg/m³

λ součinitel tření

Tlaková ztráta vřazenými (místními) odpory

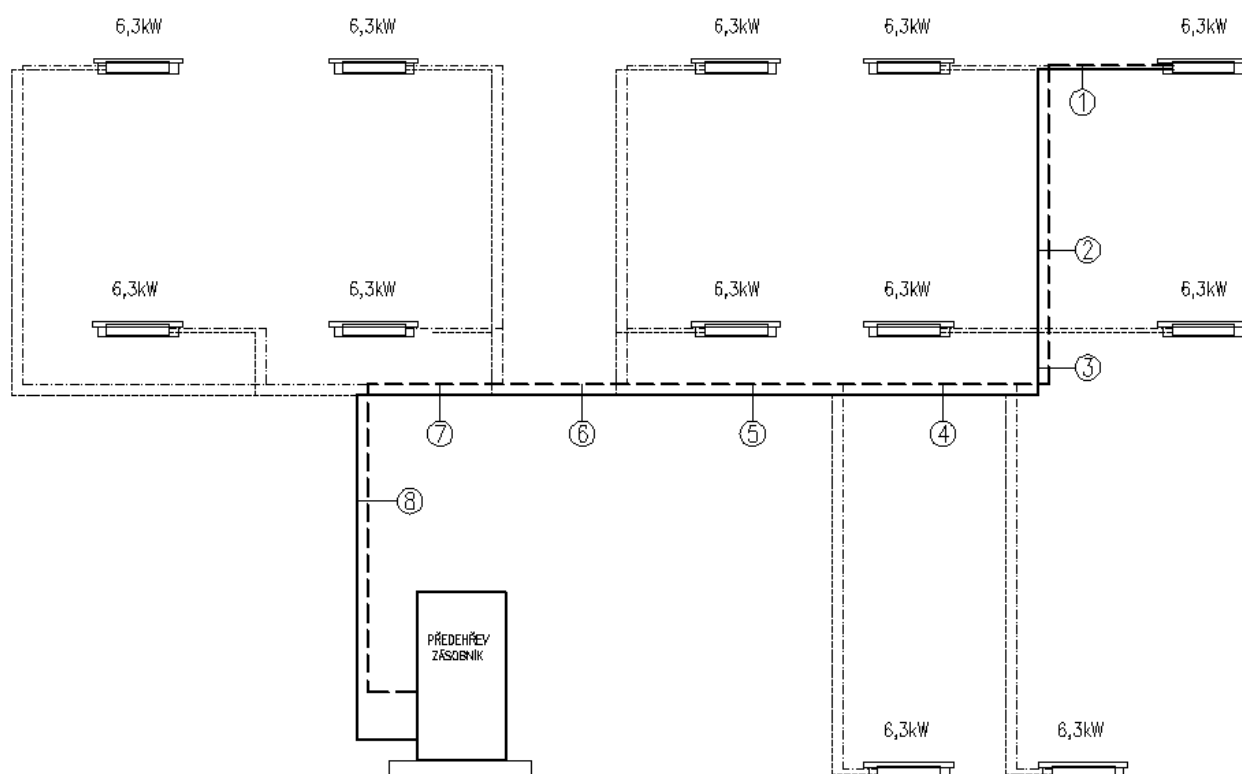
$$Z = \Delta p_{\xi} = \sum \xi \frac{w^2}{2000} \cdot \rho$$

Kde ξ je součinitel místního odporu

w rychlost proudění vody v m/s

ρ hustota vody v kg/m³

Schéma zapojení výměníků pro dimenzování



di	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\sum \xi$ (-)	Z (Pa)	R.l + Z (Pa)	Δp_{DIS} (Pa)
1	6300	361	3	20x3,4	96	0,16	288	29,5	378	666	666
2	12600	722	3,5	32x5,4	51	0,31	178,5	1,8	86	265	931
3	25200	1445	3,5	40x6,7	67	0,42	234,5	7,1	626	861	1791
4	31500	1806	5	40x6,7	100	0,53	500	3,5	492	992	2783
5	37800	2167	8	40x6,7	137	0,63	1096	3,5	695	1791	4573
6	50400	2889	16	50x8,4	70	0,51	1120	6,1	793	1913	6487
7	63000	3611	6	50x8,4	103	0,64	618	0,9	184	802	7289
8	75600	4334	12	50x8,4	142	0,77	1704	18	5336	7040	14329

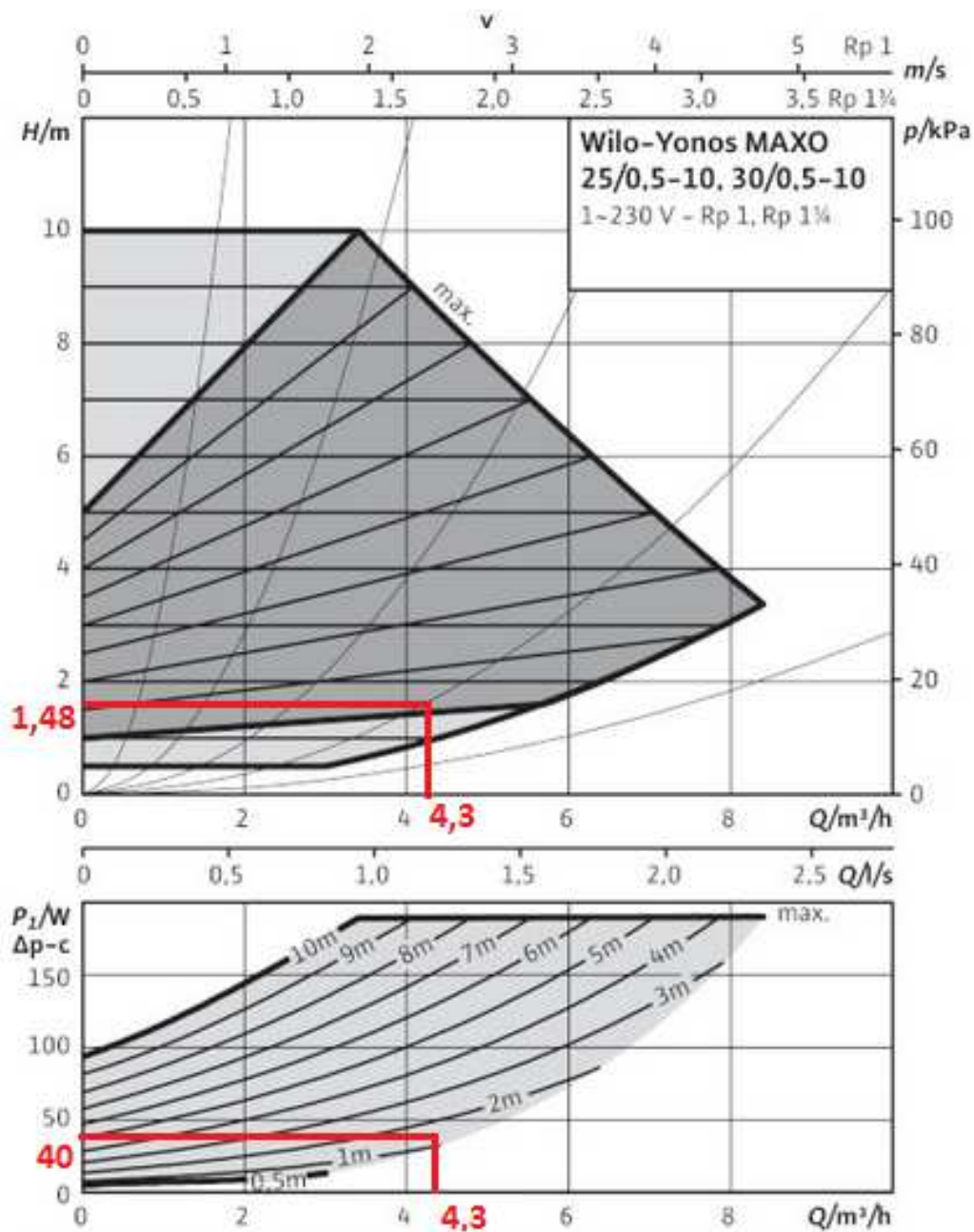
Průtok v místě čerpadla je 4,3m³/h a dispoziční tlak 14,3kPa.

$$H = \frac{1000 \cdot \Delta p_{RF}}{\rho \cdot g} = \frac{1000 \cdot 14,3}{986 \cdot 9,81} = 1,48 \text{ m}$$

Při průtoku $Q_c = 4,3 \text{ m}^3/\text{h}$ musí mít cirkulační čerpadlo $H \geq 1,48 \text{ m}$.

Navrženo oběhové čerpadlo Wilo – Yonos Maxo 25, provozní režim Δp -c s konstantním diferenčním tlakem a s elektronicky řízenými otáčkami.

Při změně průtoku se požadovaná hodnota tlakového rozdílu H_s udržuje na konstantní hodnotě.



Technický list čerpadla

Schválené kapaliny (další kapaliny na požádání)		
Topná voda (dle VDI 2035)		+
Směs vody a glykolu (max. 1:1; nad 20% příměsí je nutno zkontrolovat parametry čerpání)		+
Povolená oblast použití		
Teplotní rozsah při maximální okolní teplotě +40 °C		-20...+110 °C
Maximální povolený provozní tlak	P_{max}	10 bar
Potrubní spoje		
Závitové potrubní spoje		Rp 1
Závit		G 1 1/2
Celková délka	l_0	180 mm
Hmotnost:	m	4,50 kg
Motor/elektronika		
Index energetické účinnosti (EEI)		≥ 0.23
Elektromagnetická kompatibilita		EN 61800-3
Emitované rušení		EN 61000-6-3
Elektromagnetická odolnost		EN 61000-6-2
Řízení otáček		Frekvenční měnič
Třída elektrického krytí		IP X4D
Třída izolace		F
Připojení k napájení		1-230 V, 50/60 Hz
Jmenovitý výkon motoru	P_2	140 W
Otáčky	n	1000 - 4400 ot/min
Příkon	P_1	5 - 190 W
Proud	I	0.08 - 1.30 A
Ochrana motoru		Integrovaná
Kabelová průchodka	PG	M20x1.5
Materiály		
Kryt čerpadla		Šedá litina (EN-GJL-200)
Oběžné kolo		Plast (PPE - 30% GF)
Hřídel čerpadla		Nerezová ocel (X46Cr13)
Ložisko		Uhlíkové, impregnované kovem
Minimální nátoková výška na sání pro zamezení kavitace při čerpání teplotě vody		
Minimální nátoková výška u 50 / 95 / 110 °C		0,5 / 3 / 10 m



C.2.3.Návrh tepelné izolace na potrubí výměníků

Pro návrh tloušťky izolace je použit vztah pro výpočet součinitele prostupu tepla. Hodnota součinitele prostupu tepla musí být menší než je určující součinitel prostupu tepla dle vyhlášky č. 193/2007 Sb.

Součinitel prostupu tepla

$$U_0 = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_t} \cdot \ln \frac{d}{d-2 \cdot s_t} + \frac{1}{2 \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{\lambda_e \cdot D}}$$

Tepelná ztráta zaizolovaného potrubí takto navrženou izolaci

$$q_{ztr} = U_0 \cdot (t_{in} - t_{out})$$

dimenze potrubí (mm)	tl.izolace (m)	λ_t (W/m.K)	d (m)	s_t (m)	λ_{iz} (W/m.K)	D (m)	α_e (W/m ² .K)	U_0 (W/m.K)	U_{0N} (W/m.K)	q_{ztr} (W/m)
20x3,4	0,02	0,22	0,02	0,0034	0,035	0,06	10	0,173	0,18	1,7
32x5,4	0,04	0,22	0,032	0,0054	0,035	0,112	10	0,161	0,18	1,6
40x6,7	0,03	0,22	0,04	0,0067	0,035	0,1	10	0,211	0,27	2,1
50x8,3	0,03	0,22	0,05	0,0083	0,035	0,11	10	0,243	0,27	2,4

$t_{in} = 30^\circ\text{C}$

$t_{out} = 20^\circ\text{C}$

C.3. Zjednodušený ekonomický rozbor

Ve zjednodušeném ekonomickém rozboru jde o výpočet doby návratnosti investice, kterou musím vložit do systému s využitím energie z odpadních vod.

Doba návratnosti investice je důležitý ukazatel hodnocení investic, který dává představu o době, po kterou bude ohrožený počáteční investiční kapitál. V základní (zjednodušené variantě) se doba návratnosti definuje jako doba, za kterou peněžní příjmy z investice vyrovnají počáteční kapitálový výdaj investic.

Výpočet doby návratnosti:

$$TN_p = \frac{IN}{CF}$$

Kde IN náklady na investice (investiční výdaj)

CF roční peněžní tok (roční příjem – úspora nákladů v důsledku investice)

Náklady na investice

Náklady na investice jsou rozděleny do dvou částí. Na pořizovací náklady a na provozní náklady.

Pořizovací náklady

Do pořizovacích nákladů je zahrnuta finanční náročnost na materiál, přístroje a příslušenství spojené s instalací systému. Popsáno v tabulce viz níže.

Pořizovací náklady				
Položka	m.j.	počet	cena/m.j.	cena celkem
výměník tepla	ks	12	6 380,00	76 560 Kč
PPR PN 20 20x3,4	m	75,6	16,50	1 247 Kč
PPR PN 20 32x5,4	m	43,6	41,90	1 827 Kč
PPR PN 20 40x6,7	m	33,6	63,70	2 140 Kč
PPR PN 20 50x8,4	m	21,4	103,70	2 219 Kč
Izolace mirelon 20/tl.20mm	m	75,6	65,00	4 914 Kč
Izolace mirelon 32/tl.40mm	m	43,6	90,00	3 924 Kč
Izolace mirelon 40/tl.30mm	m	33,6	110,00	3 696 Kč
Izolace mirelon 50/tl.30mm	m	21,4	125,00	2 675 Kč
Oběhové čerpadlo	ks	1	12 535,00	12 535 Kč
vyvažovací ventil	ks	12	1 443,00	17 316 Kč
regulační ventil	ks	12	1 144,00	13 728 Kč
Regulátor	ks	1	20 148,00	20 148 Kč
teplotní čidlo na potrubí	ks	36	330,00	11 880 Kč
teplotní čidlo do nádrže	ks	1	467,00	467 Kč
elektroventil	ks	12	2 706,00	32 472 Kč
KK - 20	ks	12	120,00	1 440 Kč
KK - 50	ks	2	620,00	1 240 Kč
F - 50	ks	1	850,00	850 Kč
PV	ks	1	150,00	150 Kč
expanzní nádoba	ks	1	712,00	712 Kč
pojistný ventil	ks	1	680,00	680 Kč
akumulační zásobík	ks	1	95 224,00	95 224 Kč
			Cena celkem	308 045 Kč

Provozní náklady

Do provozních nákladů je zahrnuta finanční stránka týkající se provozu celého systému, zejména ceny energií. Tedy:

- Elektrická energie na provoz cirkulačního čerpadla. Čerpadlo bude v provozu 12 hodin denně s příkonem 40W.
- Tepelná ztráta potrubí výměníků
- Tepelná ztráta akumulačního zásobníku dle udané hodnoty od výrobce v kWh/den

Provozní náklady					
Položka	m.j.	množství /m.j./hod	množství celkem/rok	cena/m.j.	cena celkem
výkon oběhového čerpadla	kWh	0,04	175,2	4,6 Kč	806 Kč
tepelná ztráta potrubí	kWh	0,32	1401,6	1,4 Kč	1 962 Kč
tepelná ztráta akumulačního zásobníku	kWh/24h	5,6	2044,0	1,4 Kč	2 862 Kč
				Cena celkem	5 630 Kč

Roční peněžní tok

Roční peněžní tok, neboli úspora nákladů v důsledku investice, je uvažována v ceně za získanou energii ze systému využití energie z odpadních vod.

Na jedno sprchování se vynaloží 1,32 kWh energie. Výrobce koupelnového výměníku deklaruje úsporu za použití výměníku 40%.

Tedy energie, kterou výměník získá zpět z jednoho sprchování je 0,528kWh.

Je uvažováno, že distribucí získané energie do akumulačního zásobníku je ztraceno 30% energie.

$0,528 \cdot 0,7 = 0,369 \text{ kWh}$ - > získaná úspora energie z jednoho výměníku při jednom sprchování

V zadaném objektu je uvažováno s 30ti osobami, tedy 30xspuštění sprchy/den.

$0,369 \text{ kWh} \cdot 30 = 11,07 \text{ kWh/den} \rightarrow 4\,040,55 \text{ kWh/rok}$

Uspořená cena energie za rok celkem $4\,040,55 \cdot 5 = 20\,202,75 \text{ Kč} = \text{CF}$

Doba návratnosti

$$TN_p = \frac{IN}{CF} = \frac{312\,688 + 5\,630}{20\,202} = 15,75 \text{ let}$$

Vyhodnocení:

Vzhledem k velkým pořizovacím nákladům toho systému je vypočtená doba návratnosti investice přes 15 let vysoká, proto investici lze zhodnotit jako neekonomickou. Řešením je navrhnout odvod přehřáté vody do termostatické směšovací hlavice u dané sprchy.

Náklady na investice

- napojením přehřáté vody do termostatické směšovací hlavice:

Pořizovací náklady

Pořizovací náklady				
Položka	m.j.	počet	cena/m.j.	cena celkem
výměník tepla	ks	12	6 380,00	76 560 Kč
termostatická hlavice	ks	12	1 500,00	18 000 Kč
PPR PN 20 20x3,4	m	36	16,50	594 Kč
Izolace mirelon 20/tl.20mm	m	36	65,00	2 340 Kč
KK - 20	ks	12	120,00	1 440 Kč
			Cena celkem	98 934 Kč

Provozní náklady

Provozní náklady					
Položka	m.j.	množství/ m.j./hod	množství celkem/rok	cena/m.j.	cena celkem
tepelná ztráta potrubí	kWh	0,72	262,8	1,4 Kč	368 Kč
				Cena celkem	368 Kč

Doba návratnosti

$$TN_p = \frac{IN}{CF} = \frac{98\,934 + 368}{20\,202} = 5 \text{ let}$$

D.PROJEKT

D.1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Identifikační údaje

Název akce: Rekonstrukce azylového domu s instalací zařízení pro využití energie z odpadních vod

Místo: k.ú. Svitavy, parcelní číslo:209

Stupeň: Projekt pro realizaci stavby

Datum: 1/2015

Investor: MÚ Svitavy

Projektant: Bc. Monika Veselská, Třebovská 477, Ústí nad Orlicí

Úvod

Projekt řeší rekonstrukci vnitřního vodovodu, přípojky vody, vnitřní kanalizace, přípojky kanalizace a instalaci systému využití energie z odpadních vod v azylovém domě ve Svitavách na ulici Bezručova. Jako podklad pro vypracování slouží projekt azylového domu, situace s inženýrskými sítěmi a informace od stavebního úřadu.

Při provádění stavby je nutné dodržet podmínky městského úřadu, stavebního úřadu a zásady bezpečnosti práce.

Popis objektu

Objekt se nachází na okraji města Svitavy s okolní zástavbou bytových domů. Jedná se o městský azylový dům pro ženy a matky s dětmi. Objekt je řešen jako třípodlažní, kde v prvním podlaží jsou dva byty pro zaměstnance azylového domu, parkovací stání, sklepní kóje a kočárkárna. Druhé a třetí podlaží plní ubytovací funkci v bytech pro 2 až 4 osoby.

Svislé nosné konstrukce jsou na jedné části navrženy z plných pálených cihel a na druhé části ze systému Porotherm. Vodorovné konstrukce jsou tvořeny železobetonovou stropní deskou. Střešní konstrukce se skládá ze dvou typů, ze sedlové a ploché střechy.

Rozvody VZT bude v šachtách k tomu určených. Koupelny a WC budou odvětrány talířovými ventily s odtahem na střechu za pomoci ventilátoru, osazeném ve VZT šachtě. Kuchyně budou odvětrány digestoří s odtahem na střechu za pomoci ventilátoru, osazeném

ve VZT šachtě. Vytápění azylového domu bude za pomoci kaskádového zapojení plynových kotlů v technické místnosti v 1.NP. Otopná soustava bude teplovodní dvoutrubková s otopnými deskovými tělesy.

Splašková kanalizace

Kanalizace odvádějící splaškové vody z nemovitosti bude přes vnitřní kanalizaci napojena na jednotnou kanalizační přípojku vedenou do jednotné kanalizace v ulici Bezručova. Průtok splaškových vod je 4,28 l/s.

Svodná potrubí budou vedena pod základovou deskou v zemi pod 1.NP. V místě napojení hlavního svodného potrubí na přípojku bude zřízena hlavní vstupní šachta betonová s litinovým poklopem o průměru 600mm.

Splašková odpadní potrubí budou spojena větracím potrubím vedeným na střechu. Připojovací potrubí budou vedena v předstěných a pod omítkou.

U paty svislých odpadních potrubí (1m nad podlahou) budou umístěny čistící kusy, které jsou přístupné.

Vnitřní kanalizace bude odpovídat ČSN EN 12056 a ČSN 75 6760.

Materiál splaškového svodného, odpadního, připojovacího a větracího potrubí PPHT, potrubí bude upevněno kovovými objímkami s gumovou vložkou ke stropu a stěně. Splaškové svodné potrubí v zemině bud z materiálu PVC KG. Svodné splaškové potrubí bude uloženo na pískovém loži o tl. 100mm a obsypané pískem do výše 300mm nad vrchol hrdel.

Splaškové svodné potrubí bude pod budovou procházet prostupy v základech o rozměrech 300x300mm. Prostupy budou vyplněny pískem.

Před uvedením kanalizace do provozu musí být provedena zkouška těsnosti podle ČSN 75 6760.

Dešťová kanalizace

Kanalizace odvádějící dešťové vody z nemovitosti bude napojena na jednotnou kanalizační přípojku vedenou do jednotné kanalizace v ulici Bezručova. Havarijní průtok dešťových vod je 14,7 l/s.

Svodná potrubí povedou pod terénem uvnitř i vně budovy. Na pozemku investora bude zřízena retenční nádrž od firmy Ekoplast Neptun 18 s objemem 18 000l. Retenční nádrž bude opatřena ponorným a sacím čerpadlem integrat duo 1100 s ochranou proti chodu za sucha.

Dešťová odpadní potrubí vnější budou vedená po fasádě objektu a budou v úrovni terénu opatřena lapači střešních splavenin PLG 600 DN 110 a 75. Dešťová odpadní potrubí vnější budou klempířským výrobkem.

Dešťová odpadní potrubí vnitřní bude z materiálu PPHT a na ploché střeše budou osazeny střešní vtoky s integrovanou PVC manžetou a ochranným košem.

Materiál dešťového svodného potrubí bude PVC KG a bude uloženo na pískovém loži o tl.100mm a obsypané pískem do výše 300mm nad vrchol hrdel.

Před uvedením kanalizace do provozu musí být provedena zkouška těsnosti podle ČSN 75 6760.

Vnitřní vodovod

Vnitřní vodovod v objektu je řešen jako jednotný. Vnitřní vodovod bude napojen na vodovodní přípojku 50x4,6. Vodovodní přípojka bude napojena na stávající litinový vodovodní řad DN 200. Výpočtový průtok přípojkou je určený dle ČSN 75 5455 a činí 1,99 l/s. Vodoměr a hlavní uzávěr vnitřního vodovodu bude umístěn ve vodoměrné šachtě na pozemku objektu. Hlavní uzávěr objektu bude umístěn na přívodním potrubí v technické místnosti.

Hlavní přívodní ležaté potrubí od vodoměrné šachty do domu povede v hloubce 1,6m pod terénem vně domu a do domu vstoupí ochranou trubkou z podlahy. Ochranná trubka bude na potrubí v zemi 1m za obvodovou zdí objektu.

V objektu budou stoupací potrubí vedena v předstěrách. Rozvodná potrubí v 1.NP budou vedena pod stropem. Připojovací potrubí převážně v předstěrách a dále v příčkách nebo v drážce ve zdivu.

Na potrubí bude použita návleková izolace Mirelon.

Materiálem vnitřního potrubí uvnitř objektu bude PPR PN 20. Potrubí vně objektu vedené pod terénem bude provedeno z HDPE 100 SDR 11. Svařovat je možné pouze plastové

potrubí ze stejného materiálu od jednoho výrobce. Potrubí vedeno v zemi bude uloženo na pískovém loži tl. 100mm a obsypáno pískem do výše 300mm nad vrcholem trubky.

Pro napojení výtokových armatur budou použity nástěnky připevněné ke stěně. Spojení plastového potrubí se závitovou armaturou musí být provedeno pomocí přechodky s mosazným závitem. Volně vedené potrubí uvnitř objektu bude ke stavebním konstrukcím připevněno kovovými objímkami s gumovou vložkou. Uzavírací armatury volně přístupné budou plastové, pod omítkou opatřeny kovovou krytkou.

Bytové vodoměry pro studenou a teplou vodu budou umístěny v předstěnách a budou přístupny přes dvířka z dané koupelny.

Teplá voda pro azylový dům bude připravována jako ústřední ohřev pitné vody, který se bude konat v elektrickém zásobníku OKCE 1000S/1MPa od firmy Dražice. Tento zásobník plní funkci dohřevu, kdy přívodní voda do zásobníku bude doplňována vodou předeřátou z akumulární nádrže (předeřevu) z výměníků tepla.

Každé podlaží bude opatřeno příslušnou cirkulací teplé vody.

Před uvedením vnitřního vodovodu do provozu musí být provedena zkouška těsnosti podle ČSN EN 806-4.

Kanalizační přípojka

Objekt bude odkanalizován do stávající jednotné kameninové stoky DN 500 na ulici Bezručova. Pro odvod dešťových a splaškových vod z budovy bude vybudována nová kanalizační přípojka kamenina DN 200 ve spádu 10,3%. Za hranicí pozemku bude vybudována hlavní vstupní šachta plastová šachta Ø 600 mm, ve které se budou stékat dešťové a splaškové vody.

Potrubí kanalizační přípojky bude uloženo na pískovém podsypu tloušťky 100 mm a obsypáno pískem do výše 300 mm nad vrcholem trubky.

Vodovodní přípojka

Pro zásobování pitnou vodou bude vybudována nová vodovodní přípojka provedená z HDPE 100 SDR 11 50x4,6. Přípojka bude napojena na litinový vodovodní řad DN 200 v ulici Bezručova. Přetlak vody v místě napojení přípojky se pohybuje mezi 0,45 až 0,55 Mpa. Vodovodní přípojka bude na veřejný litinový řad napojena navrtávacím pasem

s uzávěrem, zemní soupravou a uličním poklopem. Vodoměrná souprava s vodoměrem DN 32 a hlavním uzávěrem vody bude umístěna v betonové vodoměrné šachtě o rozměru 1800x900x1800 s poklopem Ø 600mm. Vodoměrná šachta je uložena na pozemku investora.

Potrubí přípojky bude uloženo na pískovém podsypu tl. 300 a obsypáno pískem do výše 300mm nad vrcholem trubky. Podél potrubí bude položen signalizační vodič. Ve výšce 300mm nad potrubím se do výkopu položí výstražná fólie.

Využití energie z odpadních vod

V každém bytě pod sprchovou vaničku bude instalován malý koupelnový výměník tepla o rozměru 560x405x100mm. Výška koupelnové vaničky se zvedne o 100mm, tedy výška vaničky bude 200mm. Každý koupelnový výměník tepla bude připojen na přívod studené vody z řadu a odvod ohřáté vody DN 20. Materiál potrubí výměníku bude PPR PN 20. Dále je nutno výměník připojit na přívod a odvod kanalizačního potrubí DN 40 materiálu PPHT.

Získaná ohřátá voda z výměníků bude svedena do akumulární nádrže Buderus Logalux PNR1000 E s objemem zásobníku 960l v technické místnosti, který plní funkci předeřevu. Předeřívá voda bude doplňována do zásobníkového ohříváče od firmy Dražice, který bude plnit funkci dohřevu.

Provoz a řízení výměníků

Výměníky budou řízeny regulátorem IR 12 od firmy Regulus přes komunikační kabel. Každý výměník bude napojen teplotním čidlem na potrubí T7335D na vstupu kanalizačního potrubí, teplotním čidlem na vstupu a výstupu okruhu vody. Do akumulární nádrže bude osazeno teplotní čidlo do zásobníku T7335B. Na výstupu okruhu vody z výměníku bude osazen uzavírací elektromagnetický ventil. Na regulátor tedy bude napojeno 36 teplotních čidel na potrubí, 1 teplotní čidlo do zásobníku, 12 elektromagnetických ventilů a čerpadlo.

Vyvážení výměníků

Každý výměník bude na vstupu napojen vyvažovací armaturou a regulačním ventilem. Na výstupu bude osazen kulový kohout.

Zařizovací předměty

V objektu budou použity zařizovací předměty podle sestav specifikovaných v legendě zařizovacích předmětů, a jak bylo dáno v projektu. Záchodová mísa bude závěsná s kotvením pomocí systémem Geberit Jádromix do podlahy. Umyvadla a dřezy budou opatřeny nástěnou jednopákovou směšovací baterií. Umyvadla budou kotvená pomocí systému Geberit za předstěnou do podlahy nebo kotvené do zdi za umyvadlem. Pro napojení praček a myček budou osazeny zápachové uzávěry HL 406.

Smějí být použity jen výtokové armatury zajištěné proti zpětnému nasátí vody podle EN 1717.

Zemní práce

Pro vodovodní přípojku budou hloubeny rýhy o šířce 0,5m. Pro kanalizační přípojku potrubí uložená v zemi budou hloubeny rýhy o šířce 0,8 m. Tam, kde bude potrubí uloženo na násypu je třeba tento násyp předem dobře zhutnit. Při provádění je třeba dodržovat zásady bezpečnosti práce. Výkopy o hloubce větší než 1m je nutno pažit příložným pažením. Výkopy je nutno ohradit a označit. Případnou podzemní vodu je třeba z výkopů odčerpávat. Výkopek bude po dobu výstavby uložen podél rýh, přebytečná zemina odvezena na skládku. Před prováděním zemních prací je nutno, aby provozovatelé všech podzemních inženýrských sítí tyto sítě vytýčili (u provozovatelů objedná investor nebo dodavatel stavby). Při křížení a souběhu s jinými sítěmi budou dodrženy vzdálenosti podle ČSN 73 6005, normy ČSN 33 2000-5-52, ČSN 33 2000-5-54, ČSN 33 2160, ČSN 33 3301 a podmínky provozovatelů těchto sítí. Při zjištění nesouladu polohy sítí s mapovými podklady získanými od jejich provozovatelů, je nutná konzultace s příslušnými provozovateli. Výkopové práce v místě křížení a souběhu s jinými sítěmi je nutno provádět ručně a velmi opatrně bez použití pneumatického, bateriového nebo motorového nářadí, aby nedošlo k poškození křížených sítí. Obnažené křížené sítě je při zemních pracích nutno zabezpečit proti poškození. Před zásypem výkopů budou provozovatelé obnažených inženýrských sítí přizváni ke kontrole jejich stavu. O této kontrole bude proveden zápis do stavebního deníku. Lože a obsyp křížených sítí budou uvedeny do původního stavu.

Při stavbě je nutno dodržet příslušné ČSN a zajistit bezpečnost práce.

D.2. Legenda zařizovacích předmětů

Ozn.na výkresu	Popis sestavy	Počet sestav
UM	Umyvadlo keramické bílé, rozměry: 460x330x240mm, zápachová uzávěrka plastová bílá umyvadlová, umyvadlová směšovací nástěnná páková pochromovaná baterie ve výšce 1100 mm, za předstěnou kotvené systémovým prvkem do podlahy nebo kotvené do zdi	14
DJ	Dřez jednoduchý nerezový v pracovní desce, rozměr: 800x500mm, zápachová uzávěrka dřezová plastová bílá s nerezovým odpadním ventilem, nástěnná směšovací páková pochromovaná baterie ve výšce 1100 mm	12
WC	Záchodová mísa závěsná keramická bílá s vnitřním svislým odpadem, rozměry: 370x550x330, instalační systém pro záchodovou závěsnou mísu kotvený do podlahy, připojení vody ve výšce 1150mm, ovládací tlačítko, záchodové sedátko plastové bílé	13
SM1	Sprchová mísa plastová bílá, rozměry: 900x900x200, zápachová uzávěrka vanová plastová, sprchová baterie nástěnná směšovací páková nerezová jednootvorová s ruční sprchou ve výšce 1450 mm, držák na sprchu, dveře plastové bílé prosklené, výška 2000	6
SM2	Sprchová mísa čtverhranová plastová bílá, rozměry: 900x900x200, zápachová uzávěrka vanová plastová, sprchová baterie nástěnná směšovací páková nerezová jednootvorová s ruční sprchou ve výšce 1450 mm, držák na sprchu, plastové sedátko ve výšce 500 mm, keramické madlo, sprchové dveře plastové bílé prosklené, výška 2000 mm	6
AP	Zápachová uzávěrka pro automatickou pračku bílá plastová HL 406, výtokový ventil na hadici pro automatickou pračku pochromovaný DN 20 ve výšce 1500 mm	12
M	Zápachová uzávěrka pro myčku bílá plastová HL 406, výtokový ventil na hadici pro automatickou pračku pochromovaný DN 20 ve výšce 1500 mm	12

D.3. Seznam příloh

KANALIZACE

K.1.	SVODNÉ POTRUBÍ V ZÁKLADECH	1:50
K.2.	PŮDORYS 1.NP	1:50
K.3.	PŮDORYS 2.NP	1:50
K.4.	PŮDORYS 3.NP	1:50
K.5.	PŮDORYS střechy	1:50
K.6.	ROZVINUTÝ ŘEZ	1:50
K.7.	SPLAŠKOVÁ KANALIZACE – ROZVINUTÝ ŘEZ SVODNÉ POTRUBÍ	1:50
K.8.	DEŠŤOVÁ KANALIZACE – ROZVINUTÝ ŘEZ SVODNÉ POTRUBÍ	1:50
K.9.	DEŠŤOVÁ KANALIZACE – PODÉLNÝ PROFIL	1:50
K.10.	PODÉLNÝ PROFIL PŘÍPOJKY	1:50
K.11.	DETAIL ULOŽENÍ POTRUBÍ	1:10

VODOVOD

V.1.	PŮDORYS 1.NP	1:50
V.2.	PŮDORYS 2.NP	1:50
V.3.	PŮDORYS 3.NP	1:50
V.4.	AXONOMETRIE	1:50
V.5.	PODÉLNÝ PROFIL PŘÍPOJKY	1:50
V.6.	DETAIL VODOMĚRNÉ SESTAVY	
V.7.	DETAIL ULOŽENÍ POTRUBÍ	1:20

VYUŽITÍ ENERGIE Z ODPADNÍCH VOD

E.1.	PŮDORYS 1.NP	1:100
E.2.	PŮDORYS 2.NP	1:100
E.3.	PŮDORYS 3.NP	1:100
E.3.	SCHÉMA ROZVODU POTRUBÍ	1:50
E.3.	SCHÉMA ZAPOJENÍ	1:50

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá využitím tepelné energie z odpadních vod, návrhem výměníku tepla na odpadní potrubí, jeho provozem a řízením. V první části byla vypracována teorie, možné způsoby využití tepelné energie z odpadních vod, druhy výměníků tepla a teoretický návrh tepelných výměníků. Na základě teoretické části byl zvolen nejvhodnější systém využití tepelné energie, který byl rozpracován v části „C“ technické řešení. Spolu s tímto návrhem byla navržena vnitřní kanalizace, vnitřní vodovod, kanalizační a vodovodní přípojka v zadaném objektu.

Byl zvolen co nejefektivnější způsob využití energie z odpadních vod s co nejvyšším ziskem tepelné energie a největší využitelností. V závěru této diplomové práce je ekonomické zhodnocení celého systému s výsledkem vysoké doby návratnosti přes 15 let. Tento systém byl zhodnocen jako neekonomický. Řešením problému s vysokými investičními náklady je zvolit systém odvodu přehřáté vody výměníkem přímo do termostatické směšovací baterie u dané sprchy, kde doba návratnosti vyšla na 5 let.

ZDROJE

Literatura:

- (1) ČUPR, Karel. *Odvádění odpadních vod z budov*. Brno: Akademické nakladatelství CERN, 2006.
- (2) ŽABIČKA, Zdeněk a Jakub VRÁNA. *Zdravotnětechnické instalace*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2009, 221 s. ISBN 978-80-7366-139-7.
- (3) BÁRTA, Ladislav. *Zásobování budov vodou*. Brno: Akademické nakladatelství CERN, 2006.
- (4) JELÍNEK, Vladimír. *Navrhování úsporného ohřevu teplé vody*. Praha: GAS, 2007. ISBN 978-807-3281-373.
- (5) VRÁNA, Jakub. *Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
- (6) NEČAS, Michal. *Středoškolská technika 2014: Využití energie z odpadních vod*. Praha 4, 2014. Dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/stretech/2014/sbornik2014/Prahagocarova_Necas-vyuziti%20odpadnich-.pdf. Středoškolská odborná činnost. Střední průmyslová škola stavební Josefa Gočára.
- (7) TZB Haustechnik: *Využití tepelné energie z kanalizačních systémů*. Praha: JAGA group, 2008.
- (8) OCHRANA, Ladislav. *Kotle a výměníky tepla*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 85 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2847-3.
- (9) JAUSCHOWTZ, Rudolf. *Srdce teplovodního topení, hydraulika*. Wien: vlastní náklad, 2004

Normy:

- (10) ČSN 75 6770 - Vnitřní kanalizace
- (11) ČSN 756261- Dimenzování retenčních nádrží na stokových sítích
- (12) ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování
- (13) ČSN 75 5455 – Výpočet vnitřních vodovodů
- (14) ČSN 01 34 50 – Výkresy zdravotně technické a plynové instalace 2006

Vyhlášky:

- (15) Vyhláška č. 120/2011 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů

Internetové zdroje:

- (16) Energie šedých vod. Asio Čištění a úprava vod [online]. [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/energie-sedych-vod>
- (17) PLOTĚNÝ, Karel a Adam BARTONÍK. Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich. TZB info [online]. 2012 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/9411-cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>
- (18) BIELA, Renata. Kvalita šedých vod a možnost jejich využití. TZB info [online]. 2011 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- (19) ZIKÁN, Zdeněk. Zpětné získávání tepla a větrání objektu. TZB info [online]. 2010 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>
- (20) Využití odpadního tepla z vnitřní kanalizace pro předohřev teplé vody. *ASB-portal* [online]. 2014 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/tzb/energie/vyuziti-odpadniho-tepla-z-vnitri-kanalizace-pro-predohrev-teple-vody>
- (21) Výměníky tepla ze systémů odpadních vod - efektivní zdroj energie. *Hospodárná energie* [online]. 2010 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.infoenergie.cz/web/root/energy.php?nav01=38&nav02=803>
- (22) BARTONÍK, Adam. Energie odpadních vod z ČOV. *Asio Čištění a úprava vod* [online]. [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/energie-odpadnich-vod-z-cov>
- (23) Recyklace tepla v budovách - šedé vody. *Asio Čištění a úprava vod* [online]. 2012 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.asio.cz/cz/61.recyklace-tepla-v-budovach-sede-vody>
- (24) Výměníky rekuperace tepla z kanalizačních systémů. PODOBEKOVÁ, Veronika a Jana PETRÁČKOVÁ. *ABS portal* [online]. 2013 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z:

<http://www.asb-portal.cz/tzb/zdravotni-technika/vymeniky-rekuperace-tepla-z-kanalizacnich-systemu>

- (25) BAŠTA, Jiří. Možnosti moderních způsobů regulace. *TZB info* [online]. 2007 [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4360-moznosti-modernich-zpusobu-regulace>
- (26) Malý koupelnový výměník. *Sakal* [online]. 2013 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://www.sakal-ovt.cz/sprcha.htm>
- (27) Tepelný výměník odpadní vody. *Geocore* [online]. 2011 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z: <http://www.e-shop.geocore.cz/specialni-tepelne-vymeniky/15092/tepelny-vymenik-odpadni-vody---smartshower-s-195901.htm>
- (28) <http://www.regulus.cz/>
- (29) <http://www.enbra.cz/>
- (30) <http://www.wilo.cz/>
- (31) <http://www.oventrop.cz/>

SEZNAM ZKRATEK

TV – teplá voda

ZZT – zpětné získávání tepla

ČOV – čistírna odpadních vod

DN – jmenovitá světlost potrubí

ABS – akrylonitril-butadien-styren

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Produkce šedé vody v domácnostech</i>	<i>- 8 -</i>
<i>Obr. 2 Prostup tepla rovinou stěnou</i>	<i>- 10 -</i>
<i>Obr. 3 Zařízení s deskovým rekuperátorem.....</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Obr. 4 Lamelový výměník</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Obr. 5 Zařízení s tepelnými trubicemi</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Obr. 6 Zařízení s rotačním výměníkem.....</i>	<i>- 17 -</i>
<i>Obr. 7 Spotřeba objektu před zateplení a po zateplení</i>	<i>- 18 -</i>
<i>Obr. 8 Odběr tepla v budově</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Obr. 9 Odběr tepla v kanalizační stoce</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Obr. 10 Odběr tepla z ČOV</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Obr. 11 Předehřev studené vody pro okamžitou spotřebu</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Obr. 12 Schéma zapojení s ocelovým výměníkem</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Obr. 13 Ocelový výměník.....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Obr. 14 Integrovaný výměník tepla</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Obr. 15 Předizolované kanalizační potrubí s integrovaným výměníkem před montáží a uložené ve výkopu</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Obr. 16 Předizolované kanalizační potrubí do gravitačního systému</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Obr. 17 Schéma zapojení předvolovaného kanalizačního potrubí do gravitačního systému - 27 -</i>	
<i>Obr. 18 Přeizolované kanalizační potrubí s integrovaným výměníkem do tlakových systémů.....</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Obr. 19 Schéma zapojení předvolovaného kanalizačního potrubí s integrovaným výměníkem tepla do tlakových systémů.....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obr. 20 Externí dvoutrubkový ocelový výměník</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obr. 21 Přečerpávání odpadní vody do výměníku čerpadlem</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obr. 22 Přečerpávání odpadní vody do výměníku přes akumulární nádrž.....</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obr. 23 Způsoby výroby tepla tepelným čerpadlem se zpětným využitím tepla z odpadní vody.....</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Obr. 24 Schéma rekuperačního systému k přímému předehřevu teplé vody.....</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Obr. 25 Schéma rekuperačního systému na předehřev studené vody v kombinaci se zásobníkem.....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Obr. 26 Měděný výměník Power - pipe</i>	<i>- 35 -</i>

<i>Obr. 27 Schéma zapojení výměníku tepla do odpadního kanalizačního potrubí</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Obr. 28 Integrovaný výměník do sprchové vaničky uzavřený a teplosměnná spirála uvnitř výměníku</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Obr. 29 Detail sprchové vaničky</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Obr. 31 Zapojení výměníku pod sprchovou vaničku</i>	<i>- 38 -</i>
<i>Obr. 32 Rekuperační panel s výměníkem tepla z nerezové oceli</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Obr. 33 Schéma automatické regulace rekuperačního systému</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Obr. 34 Akumulační nádrž s integrovaným výměníkem na odpadní vodu</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Obr. 35 Odpadní výměník SUP-980</i>	<i>- 51 -</i>
<i>Obr. 36 Malý koupelnový výměník</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Obr. 37 Podlahová vpust'</i>	<i>- 60 -</i>
<i>Obr. 38 Dvorní vpust'</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Obr. 39 Střešní vtok</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Obr. 40 Regulátor a ukázka menu regulátoru</i>	<i>- 86 -</i>
<i>Obr. 41 Teplotní čidlo do zásobníku a na potrubí</i>	<i>- 87 -</i>